

国土文化研究所年次報告 2022

VOL.21

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

建設コンサルタントに要請される多様なニーズに応えるためには、従来の土木建設技術の枠を超えた広範な「総合知」が求められるとの認識のもと、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、および技術系人材育成の 4 つの事業に取り組んでいます。

1. 研究開発

建設 DX に貢献する最先端 ICT 関連技術、新たな事業展開や生産性向上に資する技術に加え、人文・社会科学領域を融合して持続可能社会の構築に寄与する広範なテーマを掲げ研究を推進しています。研究体制としては、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 年から恒例となったクルーズ「お江戸日本橋舟めぐり」を開催してきました。このノウハウを生かして、当社の土木技術者がガイドを務めるクルーズ「江戸東京・川のなぜなぜ舟めぐり」を実施しています。

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

3. 社会への情報発信

本年次報告を始め、研究成果を書籍としてまとめた出版事業やオープンセミナーの開催などを実施しています。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、2022 年 11 月には書籍出版を記念したオープンセミナーを開催しました。

4. 人材育成

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

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」といった時代の潮流を見据えながら、また、わが国が古来より育んできた有形無形の伝統文化に思いを馳せながら、今後も引き続き、当社グループの中央研究所としての機能を充実させつつ、積極的に社会貢献を果たしてまいりたい所存です。

国土文化研究所年次報告 2022 (VOL.21)

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(2)	32
鉄道と橋梁の美しさに関するガイドライン・景観デザインの研究	38
VRを活用した観光コンテンツに関する研究	48
ICT/DXに着目したインフラ多機能化に向けたニーズの基礎研究	54
地方と都市の共助社会システムに関する研究	59
《地域・社会貢献 活動報告》	68
第9回江戸東京・川のなぜなぜ舟めぐり	
《人材育成 活動報告》	69
初期専門能力開発(IPD)による若手技術者の能力開発の仕組みの全社的な導入	
《セミナー・情報発信 活動報告》	71
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」の出版と、これをテーマとしたオープンセミナーの開催	

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、避難指示が出されていないケースが多いこと、その場合に被害が生じていることなど、避難に関する行政・住民の行動(指示発令や早期避難)の促進が課題となっている。また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、避難指示発令区域の絞り込み方法の検討も課題となっている。

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、モデル自治体である奈良県王寺町において本システムを活用した防災訓練等を実施し、訓練結果を踏まえたシステム改良を実施するとともに、水災害以外の災害(地震)に対応したシステムに改良した内容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)技術の一つであるディープラーニング(深層学習)、並びにIoT(モノのインターネット)やメタバース等の最新ICT(情報通信技術)を用いて、業務の効率化・高度化や、新たな価値の創出を図ろうとする研究開発が、国内外の企業や研究機関において盛んに進められている。当社が所属する建設コンサルタント業界においても、技術力向上や業務効率化を目的に、AI・ICT技術の研究開発、既存のAI・ICTサービスの導入、ベンチャー企業との業務・資本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・ICT技術の研究開発に着手し、社内の技術力と生産効率の向上に貢献する技術開発、並びに技術者の育成を実施している。本稿では、その2022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(2)

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、樋門樋管における予備設計プロセスのシステムを紹介した。結果、3次元設計による予備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。

鉄道と橋梁の美しさに関するガイドライン・景観デザインの研究

Aesthetic guideline for railways and bridges – research on aesthetics of infrastructure

There is a gap in perception of the beauty of infrastructure between architects and engineers. In addition, there are still many stations, railways, and bridges that need improvement. This guideline summarizes research on the aesthetics of infrastructure and provides key aspects to consider in achieving beautiful infrastructure that improves people's quality of life. It introduces and explains five types of aesthetic elements (“landscape and spatial recognition”, “spatial configuration”, “spatial identity”, “aesthetic perception”, and “other factors”) with examples.

The guideline can serve as a practical, easy-to-understand reference for engineers working on infrastructure projects.

VRを活用した観光コンテンツに関する研究

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、日本橋に関するメタバース空間を作成することでこれまでの日本橋活動のアーカイブ化を行うとともに、メタバース空間の作成方法、メタバース空間内の3Dモデルの設置・共有方法などのVRに関する基礎技術を習得するものである。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VR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。

ICT/DXに着目したインフラ多機能化に向けたニーズの基礎研究

国内外の多機能インフラの整備事例や多機能インフラに対する国土交通省の考え方を情報収集・整理した結果、多機能インフラの整備は、多くが二機能の整備であること、ICT技術の活用に至っていないこと、脱炭素および温暖化対策に貢献しうる多機能整備が不十分であること等、が明らかになった。

そこで、整備予定の利根川調節池群を取り上げ、治水単機能の発現・維持における課題を提示した上で、交通、エネルギー、食糧、利用・観光の機能を付加し、ICT技術の活用と調節池間の連携も含めた多機能インフラ整備の検討を行った。ケーススタディを通じて、多機能化を図る視点、課題抽出の考え方、機能間の連携、効果の見せ方などを整理し、インフラ整備の多機能化を検討に資する基礎資料を取りまとめた。

地方と都市の共助社会システムに関する研究

地方では過疎化、都市では一極集中などに起因する課題を抱えている。本研究は、地方と都市のそれぞれの特徴を活用して、これらの課題解決を図る共助社会システム構築に向けた基礎検討を目的とした。1年目の今期は、研究対象地域として選定した3地域で、それぞれの地元関係者と意見交換を実施しつつ、バイオマスボイラーを用いた脱炭素型の植物工場の事業可能性、関係・定住人口増加に向けた地域誘導をWebセミナーと地域体験メニューによる2段階で行う方策や内容、防災アプリによる行政サービス支援などを検討した。来期は今期検討した内容の試行またはシンポジウム等の開催を行う予定である。

AIを用いた 土砂災害ソフト対策の高度化研究

松原 智生¹・笹山 隆¹・川瀬 樹一¹・戸館 光¹・中西 宏彰²

¹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

k-kawase@ctie.co.jp

h-todate@ctie.co.jp

²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、避難指示が出されていないケースが多いこと、その場合に被害が生じていることなど、避難に関する行政・住民の行動(指示発令や早期避難)の促進が課題となっている。また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、避難指示発令区域の絞り込み方法の検討も課題となっている。

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¹⁾。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²⁾（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ものとされている。（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）」³⁾によると、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。

また、市町村による避難情報の適切な発令に際し、上述のような心理的な課題だけではなく、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³⁾。

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。

2. 本システムで提供する土砂災害危険度評価情報

本システムで対象とする土砂災害危険度情報に関しては、自治体へのヒアリング結果や京都大学からの学術指導より、表-1のように決定した。本システムでは、避難指示を発令する自治体（市町村）に対してこれらの情報を提供することとした。

これらの情報を提供することにより、土砂災害警戒情報が発表された後の「避難指示の出しそびれ」を軽減でき、自治体（市町村）の警戒避難を補助できると考える。

3. 危険度の高まり具合を評価する情報

(1) 概要

本システムにおける土砂災害危険度評価は、既往の情報のみでは土砂災害警戒情報発表後の危険度の高まり具合の把握が難しいという課題に対応するため、土砂災害警戒情報発表後も危険度の高まりを評価可能な京都大学の特許技術である未経験降雨指数⁴⁾を採用した。

未経験降雨指数の特徴は下記の通りであり、「〇〇年〇月の土砂災害時と同等の危険度」「この△△年で経験の無い危険度」「観測開始以来、未経験の危険度」と表現される。

- ・各種雨量指標を多様なパターンで分析
- ・現時点の相対的な土砂災害の危険度を表現

本項では未経験降雨指数の考え方を適用した土砂災

害危険度評価情報について2022年に実際に土砂災害により人的被害が発生した事例を用いて図-2、図-3に示す。

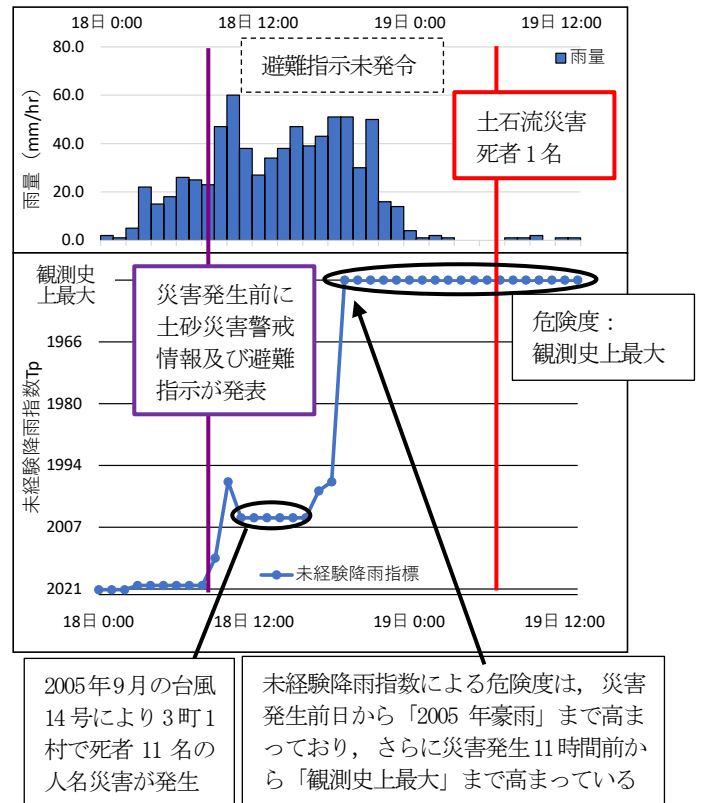


図-2 危険度の変化状況 20220919 宮崎県三股土石流
上：降雨状況 下：未経験降雨指数による危険度

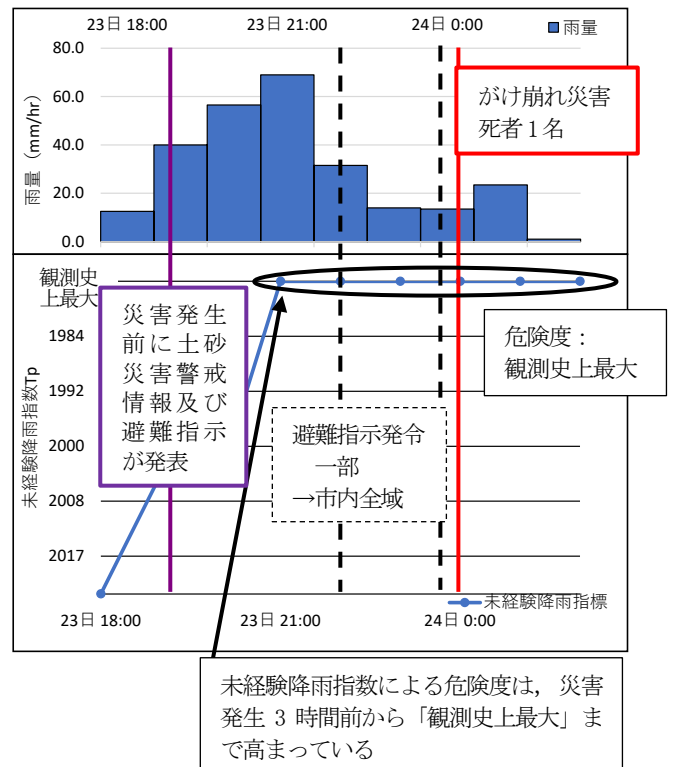


図-3 危険度の変化状況 20220924 静岡県掛川市がけ崩れ
上：降雨状況 下：未経験降雨指数による危険度

表-1 現状の課題・ニーズと必要機能

土砂災害警戒情報と避難指示に関する現状や課題	システム開発による市町村の負担・軽減・解決	適用技術
土砂災害警戒情報は市町村単位で発表される	字界，自治会単位等の任意範囲での危険度評価	システムによって実装
土砂災害警戒情報発表後の危険度の高まり具合の把握が難しい	土砂災害警戒情報発表後も危険度の高まりを評価可能（3章にて後述）	京都大学の特許技術である未経験降雨指数
土砂災害警戒情報を発表する際の危険度評価方法では，場所毎に異なる素因の違いなどは考慮されていない	誘因と素因を組み合わせた土砂災害危険度評価情報の提供（4章にて後述）	AI 画像解析による素因評価

どちらの事例も土砂災害警戒情報が発表されてから災害が発生し人的被害を引き起こすまで、危険度の高まりを表現できている。こうした情報を提供することにより、「避難指示発令を促す」「避難行動を促す」ための情報として使用できることが示唆された。

(2) 提供する情報の精度検証

本システムで実装する土砂災害危険度判定手法が、既往の情報である土砂災害警戒情報及び避難指示の発令タイミングとどのようにリンクして危険度の高まりを表現できるかを検証した。

検証は、近年土砂災害警戒情報が発表された市町村のうち、同一県内で避難指示が発令された市と発令されなかった市を対象として実施した。

具体的にはR3. 8に長崎県内において、土砂災害警戒情報が長崎市、平戸市他に発表された事例（雲仙市で人的被害を引き起こす土砂災害が発生した事例）に関して図-4に示すように整理した。なお、長崎市は土砂災害警戒情報が発表された後、避難指示が発令されているが、平戸市では土砂災害警戒情報が発表されたが避難指示は未発令のままであった。

避難指示を発令しなかった平戸市においても、土砂災害警戒情報発表後も土砂災害の危険度が高まっており、本システムで提供する情報により避難指示の出しそびれ防止につながる可能性があると考えられる。また、避難指示を発令した長崎市についても、土砂災害警戒情報発表後及び避難指示発令後も危険度はさらに高まっており、避難指示発令後の参考付加情報とすることにより、逃げ遅れの軽減につながるものとする。また、避難指示を発令した根拠情報として後日の検証で利用することも想定している。

4 素因と誘因を組み合わせる評価する情報

(1) 土砂災害データの整理

本研究を進捗させる上で、自治体が所有する土砂災害に関する情報を収集した。なお、収集する土砂災害に関する情報については、土砂災害警戒情報を発表する基

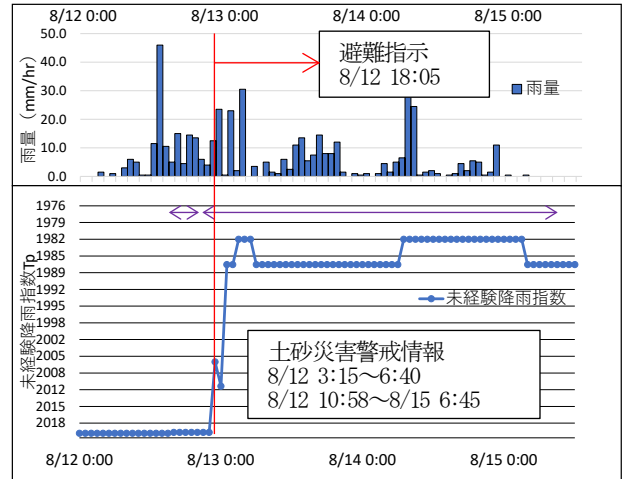


図-4(1) 避難指示発令 20210812 豪雨時 長崎市
上：降雨状況 下：未経験降雨指数による危険度

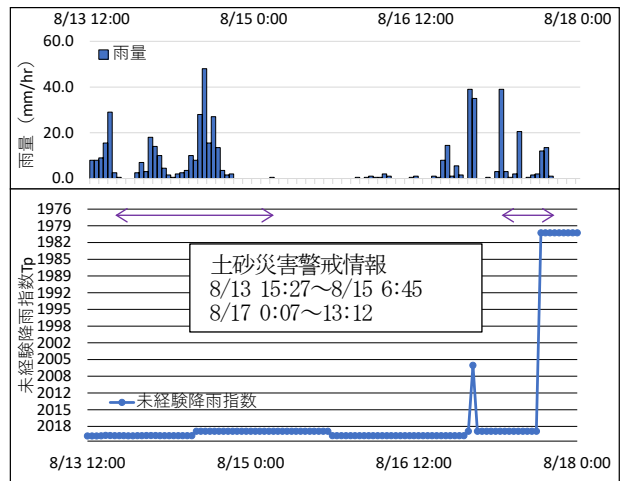


図-4(2) 避難指示未発令 20210812 豪雨時 平戸市
上：降雨状況 下：未経験降雨指数による危険度

準を検討する際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、表-2に示す9都県分の災害データを収集した。

本システム構築で提供する危険度評価情報には収集した災害データの内、死者・行方不明者を発生させた災害及び家屋全壊災害、負傷者を出した災害（総称して「被災規模が大きい災害」）に着目した。その結果、8都県で341事例（275メッシュ）を対象とすることとした。

表-2 収集した災害データの概要

都道府県	災害発生日時
山形	1988～2020年 (43年間)
東京	2006～2019年 (14年間)
群馬	1976～2021年 (56年間)
千葉	1991～2019年 (29年間)
鳥取	1991～2019年 (29年間)
島根	2006～2019年 (14年間)
徳島	2005～2019年 (15年間)
山口	2006～2018年 (13年間)
鹿児島	1902～2019年 (118年間)

※山形県のデータには詳細な被害情報の記載なし

(2) 素因情報 既往のAI画像解析結果の概要

素因と誘因を組み合わせた情報提供方法を検討する際の素因の情報については、AI画像解析による素因の評価結果を適用する⁵⁾。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。

AI画像解析による素因分類に関しての概要は図-5に示す通りである。

「同様の素因特徴を有するクラスタ毎」に、優先度の高い雨量指標を適用した情報を提供することが可能となれば、素因と誘因を組み合わせて評価した危険度評価情報が提供できると考えられる。

なお、AI画像解析技術を適用し誘因との組合せを検討する際には、AI画像解析技術により素因評価した結果を10クラスタに分割した結果を適用することとした。

※対象とする災害の条件の変更は各自治体のニーズにより追加検討が可能

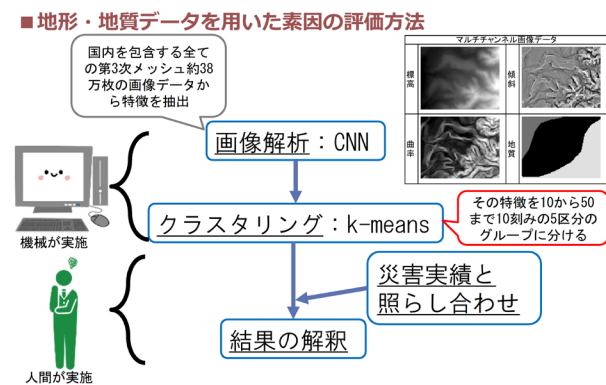


図-5 収集した災害データの概要

(3) 素因分類結果と誘因データを組合せた情報提供方法の検討

使用する災害事例とクラスタの関係は表-3に示す通りである。

表-3 対象災害事例(メッシュ数)とクラスタリング結果の関係

クラスタ No.	メッシュ数
0	47
1	8
2	10
3	12
4	61
5	19
6	70
7	16
8	21
9	11

素因と誘因を組み合わせた情報提供方法を検討する際に検討対象とする期間は図-6に示す通り、危険度が最大となった時刻から災害発生後4時間とした。

これらの期間を対象として、実効雨量の組合せが適用されている頻度を算出し、適用頻度に関して閾値を設定し、その閾値を超える実効雨量の組合せのみで未経験降雨指数を算出することにより、未経験降雨指数による危険度にどのように影響があるかを確認した。

【条件】

対象期間で適用頻度50%以上であった実効雨量の組合せを採用

【結果】

全組合せと同様な評価をできていない時間もまれに確認されるが、大きな変化をもたらさず、未経験降雨指数による危険度を評価できている。

今後は各クラスタで閾値を分ける必要があるのではないかと考えるため、引き続き検証を実施していく予定である。

※市町村への導入時には仮運用として50%の結果を適用しても大きな影響はないと考えられる。

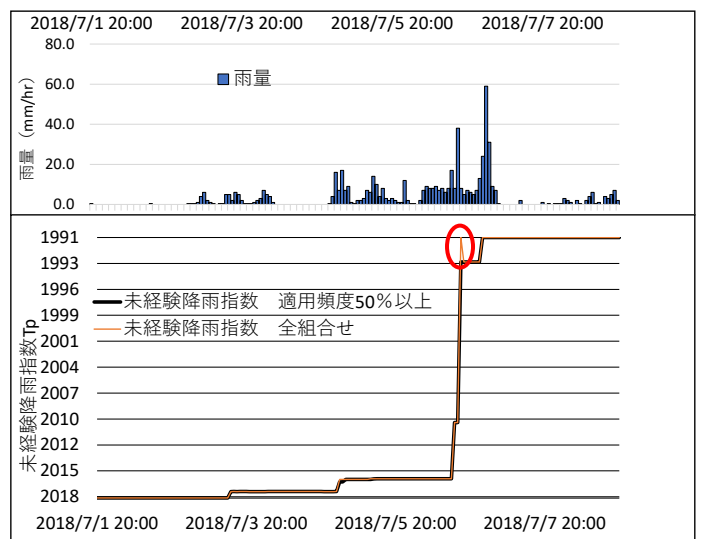


図-6 クラスタ4 山口県の土石流災害事例

5. 土砂災害危険度評価システム（素案）の作成

本研究で構築した情報提供システム（素案）の表示画面を図-7に整理する。

本システムでは土砂災害危険度評価情報である未経験降雨指数をメッシュ単位で表示できる他、既往の周辺情報である予測雨量，土砂キキクル等も1クリックで切り替えが可能な仕様となっている。

また、社内河川部門と連携することにより、既往の研究成果である Riskma で情報提供している内水氾濫に関する情報も提供することが可能である。

システムメニューは下記の通り検討した。

①メニュー：

本研究開発の主である「未経験降雨指数」の他、土

砂キキクルや予測降雨等の関連情報へ切り替え可能

②メインウィンドウ：

危険度をメッシュ単位で色変化により表示し、各メッシュの危険度情報も把握可能（③へ続く）

③未経験降雨指数の時系列変化：

過去の降雨状況との相対的な危険度を時系列により評価可能

「〇〇年災害相当の危険度」等（④へ続く）

④既往災害情報の検索：

現在の危険度が過去のどの降雨相当であるかを検索できる機能を追加（図-8）

⑤その他の情報：

Riskma と連携することによるその他の情報も閲覧が可能

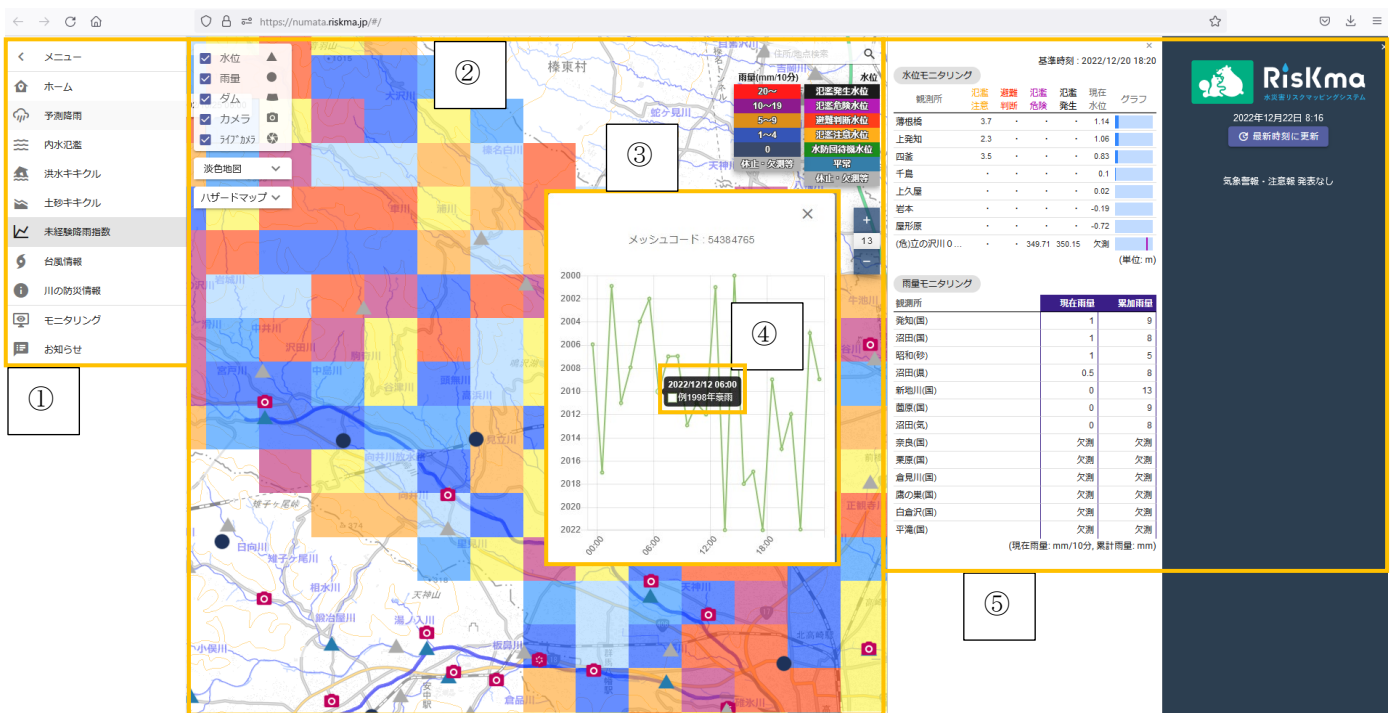


図-7 土砂災害危険度評価システム（素案） ※ダミー値を格納中

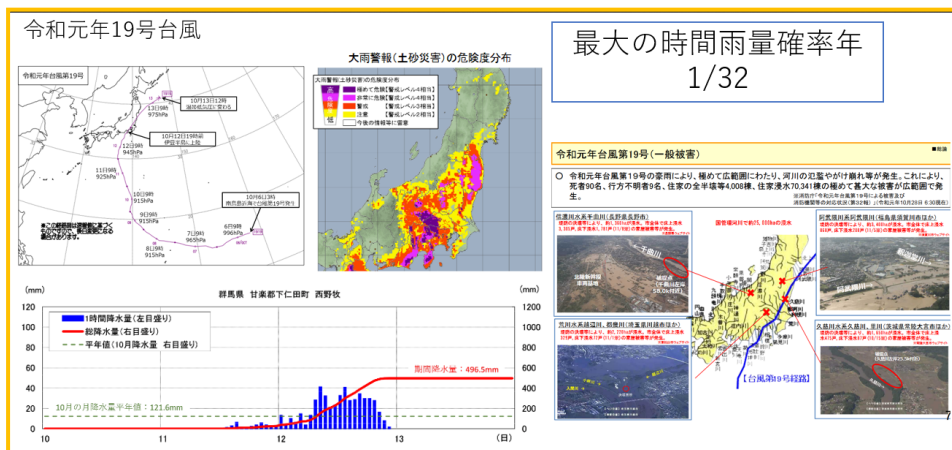


図-8 既往災害検索画面案（④をクリック後）

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中である「土砂災害危険度評価システム」の研究成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) 土砂災害危険度評価情報の精度検証
- (3) 素因と誘因を組合せた情報提供方法の検討
- (4) 土砂災害危険度評価システム（素案）の作成

なお、本研究は4カ年計画の3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。次年度は作成したシステム（素案）について実際に避難指示を発令する自治体で使用していただき、提供する情報や構築したインターフェースの課題等を抽出し改善していく予定である。また、今後も著しく進展が期待されるAI技術を素因評価に活用した改善をはかり、土砂災害と素因評価の関係に関する検討を実施し、情報の精度や使いやす

さを向上させたシステムとしていく。

さらに、土砂災害の危険度が高まっている際の防災対応の流れを確認し、実際の行動に近い臨機黄変な対応力向上を目的としたロールプレイング機能を追加し、より実効性の高いシステムとしていく。

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)小杉賢一朗(2022):土砂災害に対する警戒・避難のための未経験降雨指数の提案. 砂防学会誌, Vol. 75, No. 1, p3-14
- 5)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

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, there are many cases in which evacuation orders have not been issued, and in such cases, damage has occurred. Therefore, promotion of evacuation behavior by the government and residents has become an issue. In addition, 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¹・由良 英作²・宮本 賢治³・山本 健吾⁴・野中 洋佑⁵

¹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 大阪府中央区道修町1-6-7）
E-mail: h-nonaka@ctie.co.jp

⁴E-mail: kng-yamamoto@ctie.co.jp

⁵E-mail: y-nonaka@ctie.co.jp

²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 大阪府中央区道修町1-6-7）
E-mail: yura@ctie.co.jp

³RCCM（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 大阪府中央区道修町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，モデル自治体である奈良県王寺町において本システムを活用した防災訓練等を実施し，訓練結果を踏まえたシステム改良を実施するとともに，水災害以外の災害（地震）に対応したシステムに改良した内容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り組みを実施している．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，モデル自治体である奈良県王寺町において本システムを活用した防災訓練等を実施し，訓練結果を踏まえたシステム改良を実施するとともに，水災害以外の災害（地震）に対応したシステムに改良した内容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．

2. モデル自治体における運用支援

(1) 出水期前の防災訓練の実施

令和3年度に実施したワークショップ及び社内模擬訓練を踏まえて、防災行動支援システム（以降、本システムとする。）を活用し、モデル自治体の奈良県王寺町において災害対策本部を対象とした防災訓練を実施した。

休日夜間に線状降水帯の大雨によって水位が上昇する水害を想定し、本システムを用いた情報収集及び指示連絡等の一連の流れを実践した。

令和4年度王寺町防災訓練の想定シナリオ及び開催記録等を図-1に示す。

想定	7月30日(土)夜から31日(日)朝にかけて発生した線状降水帯による大雨に伴い、大和川王寺水位が最大6.9mまで上昇。タイムラインに従い、氾濫に備えた水防活動や避難所開設を実施。	参加者	【対策本部 15人】 町長、副町長、教育長、危機管理監、【消防団長】、 理事兼地域整備部長、総務部長、総務部理事、住民福祉部長、 健康子育て支援部長、水道部長、教育総務部長、 社会福祉協議会部長、教育総務部理事、地域整備部参事 【現場対応職員 7人】 都市計画課長、建設課長、上下水道課長、総務課長、 福祉介護課長、生涯学習課長、学校教育課長 【事務局 6人】 防災統括室課長、係長、議員ほか (株)建設技術研究所 大阪本社 ホンシステム部 防災室
訓練日時	令和4年7月25日(月) 14:45～16:15終了予定		
会場	やわらぎ会館 3階 研修室		
目的	大雨による河川氾濫の態が生じた際に水防活動や避難指示、避難所の開設等の措置を迅速かつ的確に実施できるよう、防災行動支援システムを活用した模擬訓練を実施。		



図-1 令和4年度王寺町防災訓練の実施概要・開催記録

(2) 振り返りワークショップの実施

1) ワークショップの概要

王寺町防災訓練の開催後、参加した王寺町職員に対して、振り返りワークショップを実施し、本システム運用に関する意見を抽出した。

振り返りワークショップの実施概要を表-1に示す。

表-1 振り返りワークショップの実施概要

項目	内容
開催日時	令和4年8月23日(火)
場所	王寺町役場会議室
参加者	防災訓練の参加者
目的	防災訓練でのシステム活用を踏まえ、課題及び意見を集約する

2) システム改良の方針整理

振り返りワークショップで抽出した意見を「システム」「防災訓練」「研修・訓練」に分類し、本システムの改良方針を検討した(表-2)。

また、本システムの操作教育が必要との意見があったため、実際に本システムを操作する可能性が高い職員を対象とした操作説明会を別途実施した。

表-2 防災訓練後のシステム改良等に関する意見集約

分類	システム	防災訓練	研修・教育
概要	システムの機能等に対する意見	王寺町の災害対応計画や実務への疑問・意見	王寺町の防災力向上のための取り組みに関する提案
主な意見	<ul style="list-style-type: none"> ・ 樋門操作手順を画面上で確認したい(水防班) ・ 消防団と活動状況を共有したい(防災統括室) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 線状降水帯に対しては別の初動が必要(教育長) ・ 災害対策本部の設置を前倒ししたい(防災統括室) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 全職員へのシステム操作教育が必要(防災統括室) ・ ポンプ場の運転操作研修を実施する(水防班)
対応方針	<ul style="list-style-type: none"> ・ システムへの機能実装や権限付与を検討 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 次年度以降の支援内容として王寺町へ提案 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 王寺町で操作研修を実施予定 ・ 次年度以降の支援内容として王寺町へ提案

(3) 出水時の試験運用の支援

王寺町防災訓練における職員からの意見を踏まえ、本システムを改良し操作説明会を実施した。

開催概要及び実施記録を表-3に示す。

また、開催後の職員に対してアンケートを実施した。

アンケート結果では、多数の参加職員から「問題なく操作できた。」「システムの操作性や手順書の説明は良かった。」との回答を得た。

表-3 システムに関する操作説明会の実施概要

項目	内容
開催日時	令和4年9月26日(月) 午前の部：10:00～11:45 午後の部：13:00～14:45
場所	やわらぎ会館3階研修室
参加者	参加者は60人程度
目的	システムの概要(機能、使用場面等)を共有するとともに、システムの操作方法の習熟を図る
実施記録	

(4) ロードマップ・訓練シナリオの作成

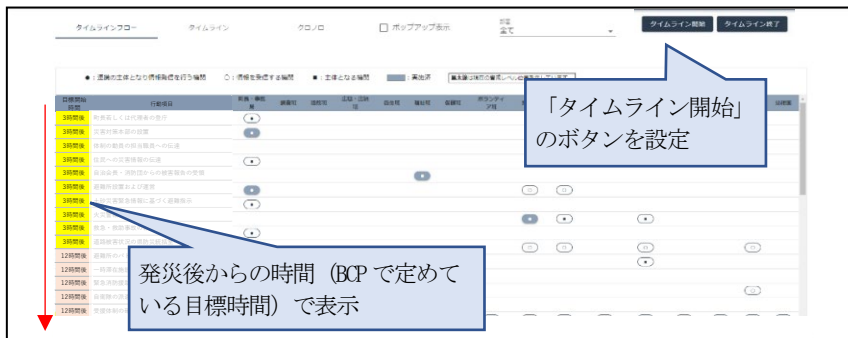
災害対応力の到達目標を示したロードマップを作成し、各ステップにおける具体的な訓練シナリオ（内容）を図-2に示す。

訓練シナリオは、本システムにおける基本的知識の取得から災害対策本部の指揮者に求められる対応の習得までの実施内容を取りまとめた。



図-2 訓練を通じた防災力向上のロードマップ (概要)

(タイムラインフロー：全体の進捗管理)



(タイムライン：各部署の行動項目の実施登録)



図-3 地震版のタイムライン機能

3. 他災害のシステム構築、動作検証等

(1) 地震災害のシステム改良

1) 地震災害における必要機能の抽出

地震災害の災害特性 (突発的災害) を踏まえて、必要となる機能 (追加する機能) を抽出した。

なお、システムへの地震災害の必要機能の反映にあたっては、風水害と同様の表示や操作となるように留意して構築した。

■地震版で追加する主な機能

- 地震発生がトリガーとなるため、タイムライン開始機能を追加
- 地震に関するハザード情報 (津波浸水想定、震度分布等) を追加

2) 防災行動支援システムへの反映

地震災害では、突発的に発生するため、職員がシステムの運用を開始できるように「タイムライン開始」のボタンを設定した。

タイムラインフローについては、BCP 等で定めている対応を発災からの時間 (定めている目標時間) で表示した (図-3)。

また、タイムラインについては、各班 (課) の対応についても同様に表示し、現時点がどの時間が半別できるようにハッチングして表示した。

4. 付加価値の向上ならびに自治体等のニーズ抽出ツールの作成

開発した本システムの付加価値の向上を図るため、システムのパッケージ化や、商品導入後のPDCAマニュアルの作成を行った。

また、構築したシステムの汎用性をさらに高めるために、自治体や企業のニーズや要望をヒアリングするためのツールを作成した。

(1) システムのパッケージ化

本システムは、顧客の要望・予算に応じ機能を選択（カスタマイズ）できることが他社システムと比較した場合の特徴である（図-4）。

機能選択には「RiskMa（水災害リスクマッピングシステム）」などの他システムとの連携も含まれ、将来的な拡張も提案可能である。

本特徴を顧客へ説明するために作成した機能要件調査票を表-4に示す。

機能要件調査票は、Excel形式で選択できる機能を一覧で示しており、顧客が希望する機能をチェックボックスから選択することで容易にニーズを抽出することを可能とした。

(2) ワークショップ開催支援マニュアルの作成

本システムは、組織における「災害対応力向上」の手段の一つとしての位置づけであり、自治体や企業におけるBCP等の実効性向上のためにはシステム導入後も継続的な支援が必要である。

そこで、システムの導入を起点として、訓練やワークショップの実施から計画の見直しなど一連の「PDCAサイクル」によるフォローを営業メニューとして提示した。

併せて、PDCAサイクルの実施をフォローするための参考資料として図-5に示す「ワークショップ開催支援マニュアル」を作成した。

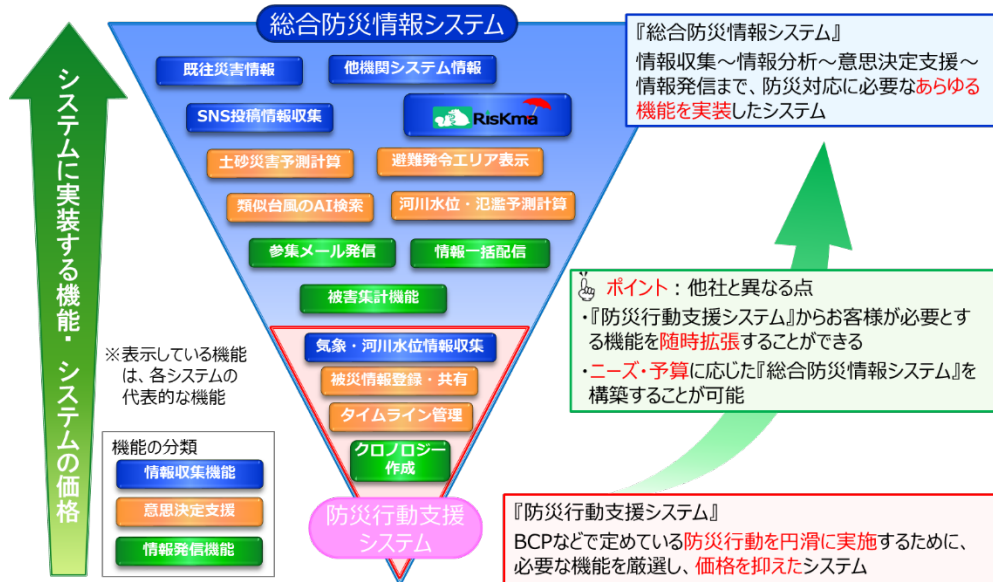


図4 システムへの搭載機能の選択・拡張イメージ

表4 機能要件調査票（抜粋）

防災行動支援システムの機能要件調査票									
No.	機能	項目	細分	解説	システムへ導入方法	標準・拡張	拡張・チェック	備考	
1			警報・注意報	気象庁発表の警報・注意報を表示する	気象庁HPへのリンク	標準	<input type="checkbox"/>		
2				管内及び周辺地域で発令された警報・注意報を自動抽出し、表示する	システムにて自動検索・表示	拡張	<input type="checkbox"/>	ご要望の機能にチェックをお願いいたします	
3			雨雲レーダー	1時間先までの雨雲の動きを表示（顕著な大雨に関する情報（線状降水帯）含む）	気象庁HPへのリンク	標準	<input type="checkbox"/>		
4				36時間先までの雨雲の動きを表示	管内地図へ重ね合わせ表示可	拡張	<input type="checkbox"/>		
5				36時間先までの雨雲レーダーを連続して表示（地図上に重ね合わせ可能）	管内地図へ重ね合わせ表示可	拡張	<input type="checkbox"/>	河川水位予測サービス標準パッケージ	
6			実況天気図	実況天気図を表示する	気象庁HPへのリンク	標準	<input type="checkbox"/>		
7				天気図画像データを取得し、表示する。過去のデータを蓄積する	任意日時の画像を表示	拡張	<input type="checkbox"/>	気象業務支援センター配信サービスを利用	
8			台風経路図	台風経路図を表示する	気象庁HPへのリンク	標準	<input type="checkbox"/>		
9				台風経路図データを取得し、任意の方法で表示する	管内地図へ重ね合わせ表示可	拡張	<input type="checkbox"/>		
10			危険度分布	洪水害、浸水害、土砂災害危険度分布を表示する	気象庁HPへのリンク	標準	<input type="checkbox"/>		
11				危険度分布データを取得し、任意に加工・表示する	管内地図へ重ね合わせ表示可	拡張	<input type="checkbox"/>	気象業務支援センター配信サービスを利用	
12				川の防災情報サイトを表示する	国土省HPへのリンク	標準	<input type="checkbox"/>		
13			川の防災情報	河川水位観測データを取得し、任意の方法で表示する	管内地図へ重ね合わせ表示可	拡張	<input type="checkbox"/>	河川水位予測サービス標準パッケージ	
14				ライブカメラ画像を取得し、任意の方法で表示する	管内地図へ重ね合わせ表示可	拡張	<input type="checkbox"/>		
15				水害リスクラインデータを取得し、任意の方法で表示する	管内地図へ重ね合わせ表示可	拡張	<input type="checkbox"/>		
16			都道府県の防災情報サイト	都道府県の防災情報サイト（河川水位観測、カメラ画像等）を表示する	対象HPへのリンク	標準	<input type="checkbox"/>		
17			都道府県防災情報	河川水位観測データを取得し、任意の方法で表示する	管内地図へ重ね合わせ表示可	拡張	<input type="checkbox"/>		
18				ライブカメラ画像を取得し、任意の方法で表示する	管内地図へ重ね合わせ表示可	拡張	<input type="checkbox"/>		
19	情報集約	都道府県情報	通行規制情報	通行規制情報サイトを表示する	対象HPへのリンク	標準	<input type="checkbox"/>		
20			通行規制情報	通行規制地図データを取得し、任意の方法で表示する	管内地図へ重ね合わせ表示可	拡張	<input type="checkbox"/>	データ取得について公開元との協議調整が必要	

防災行動支援システム ワークショップ開催支援マニュアル

(R4.12)

ワークショップとは ワorkshopの特徴を理解する

災害対応力向上のための取組みには、自主学習から訓練まで様々な選択肢がある。この中から、講座、ワークショップ、読み合わせ訓練の特徴を以下に示す。



図 災害対応力向上に向けた取組み事項の整理

講座

- Web会議システムを併用すると、**数百人単位の参加者数でも実施可能**。
- 参加者のレベルは、基本的に問われない。
- 机の上のため、実感を持つことは難しい。
- ⇒システム導入時の説明会や年次教育で活用される。

本マニュアルの対象

ワークショップ

- 一方の講座と比較すると、**参加者が実際に参加・議論することが大きな特徴**。
- 訓練と比較し、**参加者の準備等の負担が小さい**。
- ⇒学び・創造・トレーニングや問題解決の場として活用される。

読み合わせ訓練

- シナリオに沿った対応内容を確認することで、**実感を持ちつつ実施事項を習得できる**。
- 準備に時間を要し、参加者も限られる。
- 参加者には、**一定の知識**が求められる。
- ⇒ある程度システムや災害対応経験のある方を対象に、年1回の定期訓練等で活用される。

参加者の決定 目的に応じ、参加者を決定する

- 前項で決めた目的に関係する組織をピックアップします。
- 関係する組織から、ワークショップへの出席者を選定します。

Point 出席者の特徴を意識したうえで選定を実施

- 出席者は、ワークショップの目的に応じ慎重に選定しましょう。
- 例えば、「災害対応経験を踏まえたシステム改良」を行うワークショップに新入社員・職員が参加した場合、意見が出にくいかもしれません。

⇒出席者を募る場合でも、目的を明確に伝え、最適な出席者となるように調整しましょう。



図 組織の例と関係組織選定時の着眼点



5

図-5 ワorkshop開催支援マニュアル (抜粋)

(3) 自治体等のニーズ抽出ツールの整備

1) 紹介動画

自治体や企業が本システムの特徴を効率的に把握できるよう、図-6に示すように3分程度のシステム紹介動画を作成した。

また、本動画は自治体や企業等に幅広く周知するため、展示会等での放映に加え、YouTube への掲載を実施している。

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=h81Y1iWWZjQ>

2) デモ用システム

よりシステムのニーズや要望を抽出するため、実際に操作するなど体感できるデモ用システムを作成した。

デモ用システムの画面構成および実装する機能は開発したシステムと同等としている。

5. システムの汎用性向上に資する機能の開発

王寺町で実施した防災訓練や全国で実施した技術営業での意見等を集約・分析した上で、多くの組織で効果的と判断される機能を抽出し、より汎用性の高いシステムに改良する。

(1) 必要機能の抽出

技術営業での意見等を機能ごと（表示方法、タイムライン機能等）に分類し、改良・追加すべき機能を抽出し、その開発方針をとりまとめた。

抽出した機能の開発方針を表-5に示す。



図-6 防災行動支援システムの紹介動画 (切り抜き)

表-5 抽出した機能の開発方針

機能等	王寺町との開発状況	他自治体からの意見・要望等	改良・追加開発方針
① 表示方法 の改良	<ul style="list-style-type: none"> パソコン版、スマートフォン版の構築（自治体が使用する主なデバイスのサイズ（解像度）に対応） 	<ul style="list-style-type: none"> 今後、デバイスの変更も想定されることから、あらゆるデバイスで確認できるようにしたい 	<ul style="list-style-type: none"> 表示方法の改良（画面サイズによって自動的に表示のレイアウトを調整（シームレスに表示）できる仕組みを新たに構築（図-7参照）
② タイムライン 機能の追加	<ul style="list-style-type: none"> タイムラインフローについて「避難情報着目型タイムライン」に合わせた時間軸を縦にした表示 対応手順等を取りまとめたカルテを登録 	<ul style="list-style-type: none"> 災害時に認識しやすいように日頃見慣れた防災関連計画の様式に近い表示にする必要がある 災害時の情報迷子を防ぐため、対応手順や必要となる報告様式や協定など瞬時に確認したい 	<ul style="list-style-type: none"> 各自治体の防災計画のとりまとめ方に応じた表示方法の追加 対応手順や報告様式等を行動項目ごとに取りまとめ、リンクして表示する機能の追加
③ 参集状況管理 機能の改良	<ul style="list-style-type: none"> 参集状況を表形式で表示 対応状況（実施、未実施）はタイムラインフローの着色で表示 当社で登録した職員データベースをもとに、各職員が参集状況を登録 	<ul style="list-style-type: none"> 地震時や特に災害初動時の参集状況や対応状況等の把握が肝となることから、瞬時に状況が把握できる工夫が必要である システムに慣れるため、できうる限り自治体で対応できることは、自身で対応したい 	<ul style="list-style-type: none"> 各行動項目の実施状況や参集状況について、BCPにおける目標時間との対応を自動的に分析し、見た目（グラフ化）で分かるように表示 職員情報登録機能の追加（職員データベースを各職員で編集できる機能を構築）
④ 被災状況管理 機能の追加	<ul style="list-style-type: none"> スマートフォンより災害状況を投稿 投稿情報のマップ上管理 	<ul style="list-style-type: none"> 出水期前に点検等を行っていることから、災害時と平常時の状況を確認したい 	<ul style="list-style-type: none"> 点検結果の管理機能の追加（点検結果の登録機能と経年変化が容易に確認できるようなデータベース管理・表示機能を構築）
⑤ 訓練モード 機能の追加	<ul style="list-style-type: none"> 風水害を対象とした訓練モードを構築（風水害は水位をトリガーとして防災行動を模擬的に実施） 	<ul style="list-style-type: none"> 地震時に対応した訓練モードもあるべき 	<ul style="list-style-type: none"> 地震対応の訓練モードの構築（地震は災害発生とBCPの目標時間がトリガーとなるため、目標時間で管理できる訓練モードを構築）

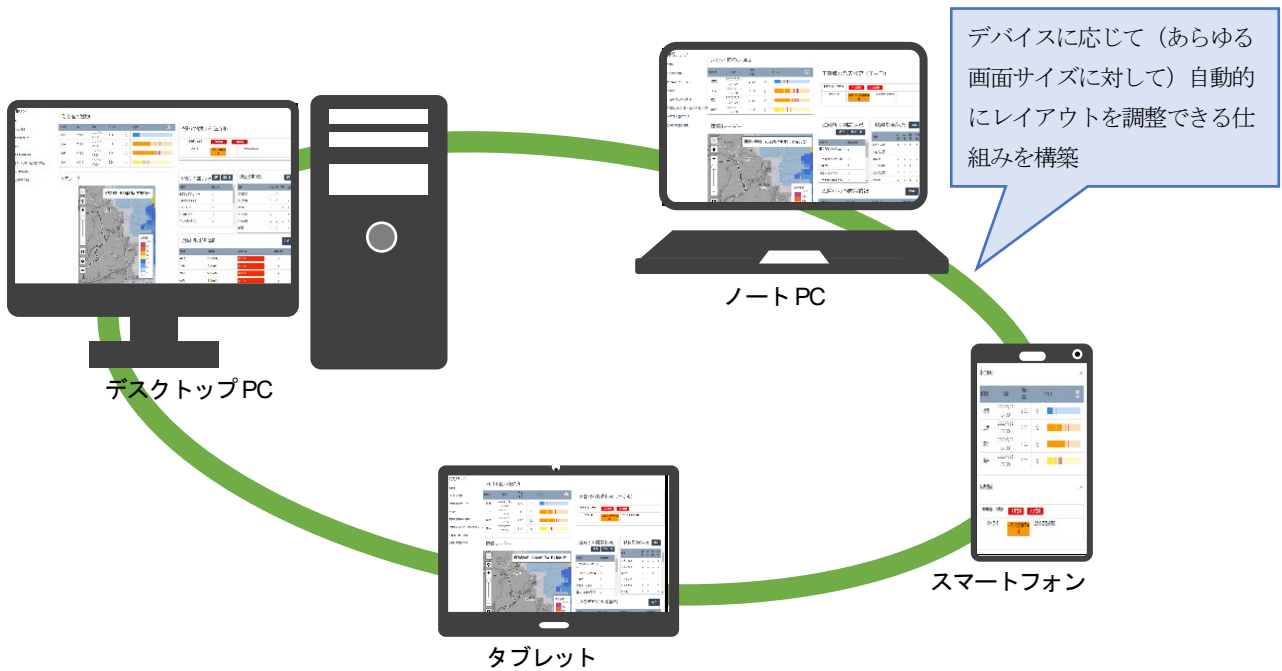


図-7 シームレス表示機能

(2) シームレス表示機能の構築

1) スマートフォン版に求められる機能の検討

現場作業員が現地（野外）でもシステムを活用できるように、タブレット・スマートフォン版システムを構築した。

スマートフォンやタブレットではパソコン等と比較して情報を表示する画面が小さくなるため、最低限必要な機能のみを表示し、レイアウトの変更等を行った。

表-6 にスマートフォン・タブレット版に求められる機能を示す。

以下の観点から求められる機能を検討した。

- ・情報収集機能については、現地の移動中に確認が必要となる防災体制、水位・気象情報や、スマートフォン及びタブレットで簡易に現地情報を共有・確認できるように情報投稿機能を実装した。
- ・意思決定支援機能については、現地の状況を入力し災害対策本部で早期に判断できるようにタイムラインの確認・入力機能を実装した。

表-6 スマートフォン・タブレット版に求められる機能

	機能概要	機能一覧	求められる機能
情報収集機能	意思決定に必要な情報を厳選し、視覚的にわかりやすく集約・表示する機能	【気象・災害情報画面】 ・防災体制 ・水位情報 ・気象情報（予警報） ・雨雲レーダー ・避難所の開設状況 ・職員参集状況 ・近隣市町の防災情報 【管内情報画面】 ・投稿情報 ・観測情報 ・点検結果入力 ・各種静的データ（施設位置、HM等）	・防災体制 ・水位情報 ・気象情報（予警報） ・投稿情報等 ・情報リンク等の確認
意思決定支援機能	迅速・的確な防災行動を支援する機能	【タイムライン画面】 ・タイムラインフロー ・タイムラインの確認・入力 ・クロノロ画面	・タイムラインの確認・入力

2) システム構築

上記の求められる機能を踏まえ、システムを構築した。

図-8 に構築したスマートフォン・タブレット版の画面を示す。

機能のレイアウトについては以下の考え方に基づいて設定した。

- ・スマートフォンやタブレット版は表示画面の制約からメイン画面（情報収集）とタイムライン画面（意思決定）の2画面構成とした。

- ・スマートフォンやタブレットはパソコンと異なり、縦向きで使用する事が多いため、縦方向に各機能を配置した。
- また、縦スクロールができるとともに、機能ごとに表示・非表示を選択できるようにした。

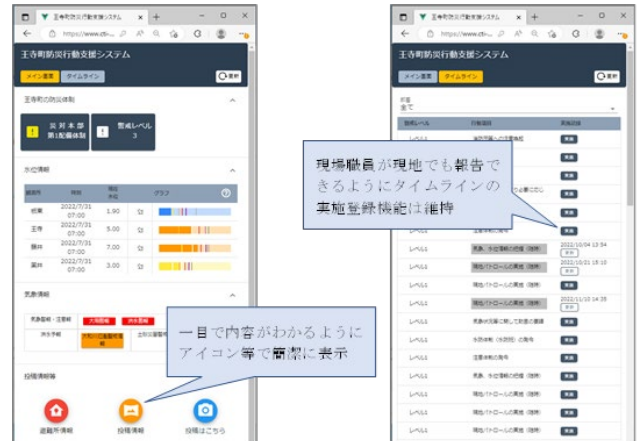


図-8 スマートフォン・タブレット版
(左側：メイン画面、右側：タイムライン画面)

なお、デバイスの画面サイズより自動的にPC版からスマートフォン・タブレット版に切り替えるように設定した。

(3) マニュアル等とのリンク機能の構築

担当職員が各自の対応する防災行動について、その実施手順（マニュアル）や対応で活用する報告様式、協定等を容易に把握できるように、防災行動と報告様式等の関係性を体系的にとりまとめ、その内容をシステムに実装し、迅速に必要な情報を確認できるようにした（図-9参照）。

(4) 職員情報登録機能の構築

自治体が可能な限り自身で管理・メンテナンスできるようにシステム更新の簡易化するための職員情報登録機能等を構築した（図-10参照）。

なお、平常時活用できる機能を導入することにより、システム操作に慣れ、災害時の円滑な運用を可能とする。

行動項目に関連する実施手順、報告様式、協定等を取りまとめ

行動項目	実施目標時期		実施目標時刻		部署	実施記録	関連情報				
	開始	完了	開始	完了			実施手順	関連資料	様式	協定	クロノ
災害発生時の情報収集・伝達	災害発生	3時間	12/12 13:26	12/12 16:26	本部(総務企画部)	開始 継続 終了	①	①	①	①	
災害対策本部の設置、非常配備体制の決定	災害発生	3時間	12/12 13:26	12/12 16:26	本部(総務企画部)	開始 継続 終了	①	①	①	①	
避難勧告等の発令の判断・伝達	災害発生	3時間	12/12 13:26	12/12 16:26	本部(総務企画部)	開始 継続 終了	①	①		①	
消防署、警察署等との相互協力	3時間	6時間	12/12 16:26	12/12 19:26	本部(総務企画部)	開始 継続 終了				①	
必要に応じて「～3 時間」の対応を継続して実施	3時間	6時間	12/12 16:26	12/12 19:26	本部(総務企画部)	開始 継続 終了	①			①	
自衛隊への応援要請	6時間	24時間	12/12 19:26	12/13 13:26	本部(総務企画部)	開始 継続 終了				①	
継続的な情報収集・伝達と本部会議（第2回以降）の随時実施	6時間	24時間	12/12 19:26	12/13 13:26	本部(総務企画部)	開始 継続 終了					①
協定先への協力依頼	6時間	24時間	12/12 19:26	12/13 13:26	本部(総務企画部)	開始 継続 終了					①
必要に応じて「～24 時間」の対応を継続											

報告様式等の内容が確認可能（災害時の情報迷子を防止）

実施手順 関連資料 様式 協定

緊急通行車両確認証明書 PDF 入力フォーム

図-9 防災行動と実施手順等のリンク機能

新規職員も追加できるように設定

職員参集計画（登録変更） 職員追加 データダウンロード 本庁 | 他部局 議会事務局

	所属			現名 (災害時)	補職		職員番号	氏名	性別	勤務地域	居住地域	参集手段 (時限外の場合)	消防団員
	所属1 (部)	所属2 (課)	所属3 (係・施設)		補職1	補職2							
<input type="checkbox"/>	本庁、総務課	議会事務局		事務官	議員補佐							徒歩	
<input type="checkbox"/>	本庁、総務課	議会事務局		事務官	議員							自転車	
<input type="checkbox"/>	本庁、総務課	議会事務局		事務官	議員							徒歩	
<input type="checkbox"/>	本庁、総務課	議会事務局		事務官	議員							自転車	
<input type="checkbox"/>	本庁、総務課	議会事務局	議事室	事務官	議員							自転車	
<input type="checkbox"/>	本庁、総務課	議会事務局	議事室	事務官	議員		0210062	伊村 立平	男	宇和島(徳島)	宇和島(徳島)	自転車	○
<input type="checkbox"/>	本庁、総務課	議会事務局	議事室	事務官	議員		0210174	伊村 立平	男	宇和島(徳島)	宇和島(徳島)	徒歩	
<input type="checkbox"/>	本庁、総務課	議会事務局	議事室	事務官	議員		0210216	土橋 隆博	男	宇和島(徳島)	宇和島(徳島)	徒歩	

部署・役職に加えて、災害時の参集にかかわる参集手段、配備体制なども入力できるように設定

図-10 職員情報登録機能（職員情報の更新方法）

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 2nd 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¹・上山 晃²・山脇正嗣³・石川美宏⁴・中木翔也⁵・水野貴文⁶

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

¹E-mail: ytk-utsunomiya@ctie.co.jp

³E-mail: ms-yamawaki@ctie.co.jp

²株式会社建設技術研究所 東京本社情報・電気通信部 (〒103-0007 東京都中央区日本橋浜町3-3-2)

E-mail: ucyama@ctie.co.jp

⁴株式会社建設技術研究所 東京本社上下水道部 (〒103-0007 東京都中央区日本橋浜町3-15-1)

E-mail: y-isikaw@ctie.co.jp

⁵株式会社建設技術研究所 大阪本社上下水道室 (〒541-0045 大阪府大阪市中央区道修町1-6-7)

E-mail: sya-nakaki@ctie.co.jp

⁶株式会社環境総合リサーチ けいはんな事業所分析ソリューション部 (〒619-0237 京都府相楽郡精華町光台2-3-9)

E-mail: t-mizuno@ctiers.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, Recurrent 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¹⁾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)。よって、河川分野においては、CCTVカメラが増大することが想定される。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、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技術を開発することは急務であると考えられる。

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²⁾、道路橋のメンテナンス効率化に向けたAIの開発³⁾、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⁴⁾⁵⁾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・映像を対象にしており、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. 北条川における河川管理高度化実験

本研究では2020年3月より、鳥取県協力のもと、北条川流域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を開発した。

(1) 北条川における河川管理上の課題

a) 北条川上流域(米里地区)の浸水

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。

b) 北条川放水路河口部における砂州高の評価

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、現場またはCCTVカメラ映像を見て主観で判断している。

c) 分水堰の操作による負担

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いる。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。

(2) 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、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。

a) 北条川上流域(米里地区)の浸水

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。

b) 北条川放水路河口部における砂州高の評価

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。

c) 分水堰の操作による負担

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。

(3) 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。

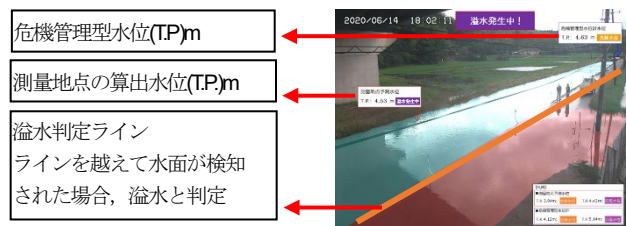


図 3-1 溢水監視モデルによる出力結果

(4) 砂州監視モデルの構築

砂州の撤去すべき高さを判定するために、「砂州・河川水面検知モデル」、「砂州閉塞・開口判定モデル」を開発した。また、上記2モデルを活用し、「砂州フラッシュ発生判定モデル」を構築した。

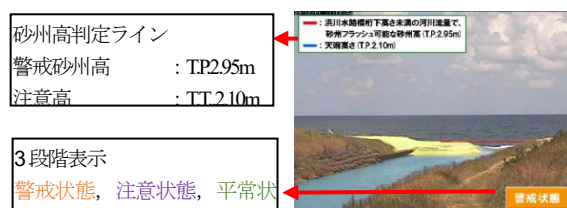


図 3-2 砂州・水面検知モデルによる出力結果



図 3-3 砂州閉塞・開口判定モデルによる出力結果

(5) 分水堰地点水位予測モデルの構築

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。図 3-4のとおり、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。

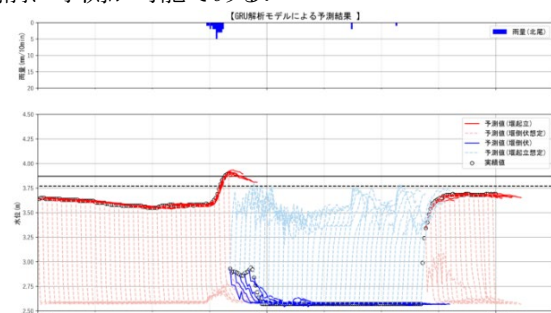


図 3-4 水位予測図の一例

(6) 実験成果・今後の課題

開発したモデルについて、鳥取県の河川管理者から以下の評価をいただいた。また、今後の展望やいただいた課題への解決に向けた業務を提案中である。

a) 北条川上流域(米里地区)の浸水

水位等の情報が画像内で確認可能となり、管理業務の省力化に寄与するとともに、溢水発生時に関係機関に共有可能である。溢水の予測ができれば、河川管理における利用性が高まることに期待している。

b) 北条川放水路河口部における砂州高の評価

近傍の潮位等が画像内で確認可能となり、管理業務の省力化に寄与できる。今後は、砂州の形成を予測可能となれば、砂州監視の高度化に期待している。

c) 分水堰の操作による負担

職員が堰操作のために出勤する前にメールが配信されており、深夜・早朝にもメール配信があり水位状況を確認するキッカケとなった。今後は、利用するデータ(予測雨量等)の精度検証が必要である。

(7) 今後の展開

本実験システムは、図 3-5 のように、大阪水システム部が鳥取県から受託した業務において開発している「浸水予測システム」と一体的に提供することで河川管理における利用性が高まる。まずは、北条川を対象に統合システムを運用し、県内全域へ展開することを提案する。また、AIモデルは、追加学習等により精度向上の余地がある。上記システム改良の一環でモデル改良を併せて実施する。

今年度は、大阪水システムが鳥取県より受託した業務にてAIシステムの保守管理を実施している。

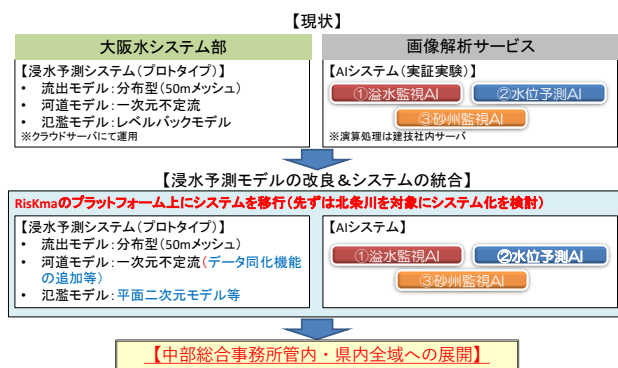


図 3-5 今後の展開(案)

4. 水面検知の汎用化に係る技術研究

溢水(水面)検知技術について、他河川にも適用可能な汎用技術について研究を実施する。そこで、2022年3月より、HEROZ株式会社とSES契約で水面検知の汎用化モデルについて共同研究を実施した。

(1) 研究の目的

a) 全国の公開カメラを対象とした河川管理支援サービスの開発

STEP1. 河川水面を検知可能な汎用モデルの構築

STEP2. 溢水を検知するモデルの構築

STEP3. 公開カメラを対象に河川管理支援サービス、河川監視支援サービスについても適用を検討

b) 汎用モデルの水面検知精度を検証

どれほどの教師データ枚数や対象カメラ数等であれば精度を確保できるかを検証する。

(2) 研究内容

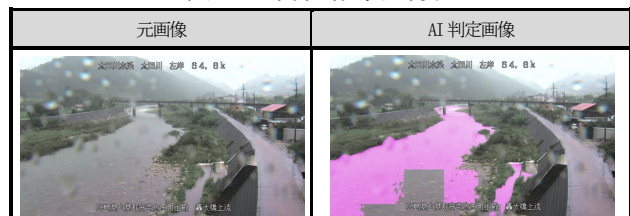
川の防災情報で公開されている全国のカメラのうち、水面が映っているカメラを抽出した。これらのカメラ画像から当社で教師データを作成し、HEROZ株式会社にて汎用水面検知モデルを開発した。

学習データは、136地点のカメラ画像(4,117枚)を約9:1の割合で訓練と検証データに分割した。モデル評価用のテストデータは、学習に未使用の30地点のカメラ画像(163枚)とした。テストデータを開発モデルに入力した際の評価結果は表 4-1 のとおり。

表 4-1 テストデータに対するモデルの精度検証

画像枚数	正検知率	誤検知率	未検知率
163枚	76.0%	4.1%	24.0%

表 4-2 評価結果画像例



(3) 研究成果・今後の課題

共同研究を実施した結果、水面検知精度は向上した。また、水面検知精度が下がる要因として、カメラ画像内で映っている水面領域が小さいこと、夜間の暗さ・霧や雨によるぼやけにより不明瞭であることが確認できた。今回、共同研究にてAIモデルを開発いただいたが、当社開発技術においても70.0%程度の精度で水面を検知ができていたため、他社と比較しても遜色ないと考える。そこで、汎用水面検知モデルの研究開発は、当社で進めていくのが妥当であると考えられる。

(4) 今後の展開

a) 水面の検知結果を活用し、カメラ画像から溢水を判定する技術を開発

b) 水面の検知結果を活用し、カメラ画像から水位を計測する技術を開発

5. 排水処理施設の水質異常発見サービス、水質異常早期検知モデルの検討

(1) 水質異常検知モデルの構築

深層学習の一種であり、高度な画像解析能力を持つ畳込みニューラルネットワーク(Convolutional Neural Network (以下, CNN))を用いて、カメラ画像から水質異常の発生を検知するモデル(以下, 水質異常検知モデル)を構築した。さらに、ユニチカ株式会社岡崎事業所の排水処理施設を対象にF/Sを実施し、深層学習を活用した特定事象への精度を検証することで、水質監視の高度化・省力化への有効性を検証した。

a) 対象地点

ユニチカ株式会社岡崎事業所では、職員が排水処理の状況を現場で定期的に確認しているが、夜間等の監視員が少ない時間帯で水質状況を監視することが大きな負担となっている。そこで、職員が排水処理施設内で下記の課題を抱えている3地点を対象に、水質異常検知モデルを構築することとした。

曝気槽 汚水と活性汚泥の攪拌を行い、微生物による酸化反応を促進することで、排水を処理している。一方で、流入した界面活性剤や汚泥解体等の影響により、泡立ちが確認されている。この泡立ちが増加することにより、曝気槽で分解できていない泡立ちが後工程の凝集沈殿槽に発生する可能性がある。

沈殿槽 処理水と汚泥を分離させるための処理が行われている。一方で、水温の上昇、汚泥の解体等が原因となり、汚泥が水面に浮上し、凝集沈殿槽から後工程に流出する事象が発生する。また、曝気槽での界面活性剤の分解残り、汚泥の解体による有機物量の上昇等が原因となり、凝集沈殿槽でも泡立ちが確認されることがある。

排水路 施設内で処理した処理水を河川に放流する。正常に排水処理することができず、泡立ちや油膜等を河川に大量に放流してしまうと、環境に悪影響を及ぼす可能性がある。

b) 適用手法の検討

CNNによる主な画像解析技術は、3種類(画像分類、物体検出、セグメンテーション)に分類される。本研究では、施設管理者のニーズに合わせ、曝気槽及び沈殿槽は、セグメンテーション、排水路は物体検出を活用し、水質異常検知モデルを開発した。

c) 教師データの作成

水質異常検知モデルを構築するための教師データとして、表5-1に示すカメラ画像を活用した。また、教師データは、図5-1に示すようにモデル学習用の訓

練データ、精度検証用の検証データ、モデルの評価用のテストデータの3種類を作成した。ただし、教師データ作成には膨大な時間を要するため、収集画像を約30分間隔で抽出し、当該事象が発生している画像を対象に教師データを作成した。

曝気槽 色が白く、集合体となっている泡立ちを検知対象とした。図5-1に示すように、各カメラ画像内の「泡立ち」、「対象外」の2事象をピクセル単位でクラス分けした教師データを作成した。

凝集沈殿槽 視認可能な泡立ち、集合体となっている色が濃い汚泥フロックを検知対象とした。図5-1に示すように、各カメラ画像内の「泡立ち」、「汚泥フロック」、「対象外」の3事象をピクセル単位でクラス分けした教師データを作成した。

排水路 視認可能な泡立ち・油膜を検知対象とした。図5-1に示すように、各カメラ画像内の「泡立ち」の領域をボックスで囲った教師データを作成した。なお、「油膜」が発生しているカメラ画像が現時点で確認できていないため、本稿では対象外とするが、今後確認でき次第、教師データを作成する。

表5-1 教師データ概要

設置場所	曝気槽	凝集沈殿槽	排水路
対象期間	2021.12.23～ 2022.6.30	2021.12.23～ 2022.9.30	2021.12.23～ 2022.9.30
画像枚数	訓練・検証： 3,469枚 テスト：583枚	訓練・検証： 6,318枚 テスト：585枚	訓練：7,235枚 テスト：116枚
クラス	泡立ち	泡立ち、汚泥フロック	泡立ち、油膜
画像サイズ	512×288		800×450

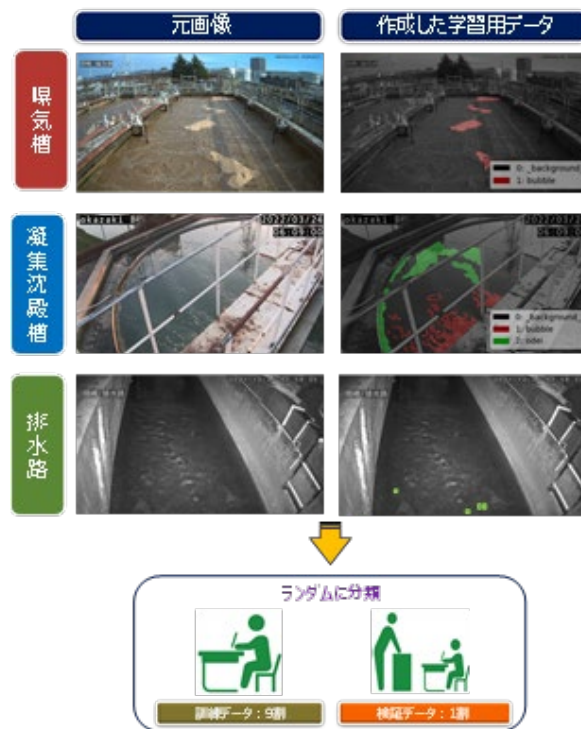


図5-1 水質異常検知モデルの教師データ作成概要

c) 水質異常検知モデルの構築

作成した教師データおよびCNNを用いて、事象の発生度合いや時間帯等は考慮せず、ランダムにAIモデルに学習させ、3つの水質異常検知モデルを構築した。

曝気槽モデル・凝集沈殿槽モデル カメラ画像内の水質異常を検知するモデルを構築した。ベースとするCNNモデルは、自動運転や医療診断などの画像解析研究分野で活用されており、高速処理が可能なMobileNetV3⁹を利用した。さらに、ハイパーパラメータを調整し、事象の検知率が高精度となる値と組合せを検討した。

排水路モデル カメラ画像内の水質異常を検知するモデルを構築した。ベースとするCNNモデルについては、リアルタイムに高精度な物体検出が可能であり、交通量計測や構造物異常検知などの多数の技術開発実績のあるYOLOv5⁷を利用した。さらに、ハイパーパラメータを調整し、事象の検知率が高精度となる値と組合せを検討した。

d) 精度検証方法

検証データを用いて学習済モデルの精度検証を実施した。曝気槽モデルおよび凝集沈殿槽モデルの精度評価指標として、次の式(1)(2)(3)に示すように正検知率(最適値 1.0)、誤検知率(最適値 0.0)、未検知率(最適値 0.0)を使用した。また、排水路モデルの精度評価指標として、次の式(4)(5)に示すように適合率(最適値 1.0)、再現率(最適値 1.0)を使用した。これらの指標について、水質異常の検知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、再学習を実施した。

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

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

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

$$\text{適合率} = \frac{\text{AI による泡立ち検知数 (正解のみ)}}{\text{AI による泡立ち検知数(正解・不正解含む)}} \quad (4)$$

$$\text{再現率} = \frac{\text{AI による泡立ち検知数 (正解のみ)}}{\text{実際の泡立ち検知数}} \quad (5)$$

e) 水質異常検知モデルの学習結果

開発した水質異常検知モデルの学習結果を以下に示す。結果として、各モデルともに高精度で水質異常の検知が可能なモデルを構築できた。

曝気槽モデル・凝集沈殿槽モデル 本研究で最も高精度となったハイパーパラメータを表5-2に、モデルの精度検証結果を表5-3に示す。曝気槽モデルでは、検証データに対する正検知率が約95%以上、凝集沈殿槽モデルでは泡立ちが約95%以上、汚泥フロックが100%と、高精度な検知が可能となった。凝集沈殿槽モデルで泡立ちの検知精度が低い理由として、泡立ちの発生頻度・領域面積が汚泥フロックと比較すると少ないことが考えられる。

排水路モデル 本研究において、適合率・再現率の組み合わせが最も高精度となったハイパーパラメータを表5-4に、モデルの精度検証結果を表5-5に示す。検証データに対する検知率として、約70%の高精度で泡立ちの検知が可能となった。

表 5-2 曝気槽・凝集沈殿槽モデルのパラメータ

ハイパーパラメータ	本検討の最適値	
	曝気槽モデル	沈殿槽モデル
データ正規化	入力層	ヒストグラム平坦化
	中間層	バッチ正規化
ドロップアウト率	0.0	同左
最適化関数	種別	RAdam
	学習係数	0.0001
エポック数	2,000	3,000
ミニバッチサイズ	16	4
Class weight (背景,泡立ち,汚泥)	[10,90,-]	[10,90,80]

表 5-3 曝気槽・凝集沈殿槽モデルの検知精度

地点	検知対象	合計	訓練データ	正検知率	誤検知率	未検知率
			検証データ			
曝気槽	泡立ち	3,469枚	3,128枚	98.4%	0.5%	1.6%
			341枚	91.3%	1.0%	8.7%
凝集沈殿槽	泡立ち	6,318枚	5,687枚	99.9%	6.3%	0.1%
			631枚	92.0%	5.8%	8.0%
	汚泥	同上	同上	100.0%	8.1%	0.0%
			同上	96.6%	8.7%	3.4%

表 5-4 排水路モデルのパラメータ

ハイパーパラメータ	本検討の最適値	
	排水路モデル	
データ正規化	入力層	正規化
	中間層	バッチ正規化
ドロップアウト率	0.0	
最適化関数	種別	Adam
	学習係数	0.0001
エポック数	1,000	
ミニバッチサイズ	16	

表 5-5 排水路モデルの検知精度

排水路モデル	泡立ちの検知精度	
学習用データ	適合率	再現率
7,235枚	71.7%	70.9%

f) 水質異常検知モデルの検証結果

最も高精度な水質異常検知モデルを対象に、訓練・検証データには含まれないテストデータ用のカメラ画像を入力した際の検知精度を検証した。結果としては、訓練・検証データと同様に、テストデータに対しても高精度な検知が可能であり、F/Sの結果として有効な水質監視モデルを構築できたと考える。

曝気槽モデル・凝集沈殿槽モデル) 表 5-6 に示すとおり、曝気槽モデルではテストデータに対する泡立ちの正検知率が約 95%、凝集沈殿槽モデルでは、泡立ちが約 90%以上、汚泥フロックが約 80%以上と高い精度を得ている。また、図 5-2 に示すとおり、両モデルとも、日中・夜間においても検知が可能である。一方で、凝集沈殿槽モデルの正検知率が曝気槽モデルよりも低下している。この要因としては、凝集沈殿槽のカメラは 4 方向を巡回して撮影しているカメラであり、1つの水質異常検知モデルに異なる画角のカメラ画像を学習させていることが影響していると考えられる。

排水路モデル) 表 5-7 に示すとおり、排水路モデルでは誤検知は少ないが、未検知が多少発生している結果となった。一方で、図 5-3 に示すとおり、日中・夜間、雨天時の条件下でも一定精度で泡立ちの検知が可能である。また、泡立ちの AI 検知数と人間が画像から確認した実際の発生数を比較すると、図 5-4 のとおり、泡立ちの増減を一部把握できていることが確認できた。ここで、未検知の発生要因としては、直射日光の水面反射や水面波紋などの影響が考えられる。しかし、泡立ちの発生数を全数把握する必要はなく、泡立ちの発生度合いを把握できれば良いため、本モデルの有効性を確認できたと考えられる。

表 5-6 曝気槽・凝集沈殿槽モデルの検知精度

地点	検知対象	テストデータ	正検知率	誤検知率	未検知率
曝気槽	泡立ち	583 枚	94.5%	1.1%	5.5%
凝集沈殿槽	泡立ち	585 枚	90.0%	3.1%	10.0%
	汚泥		82.0%	5.3%	18.3%

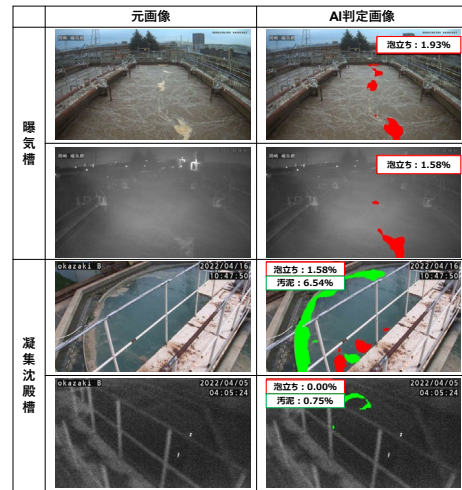


図 5-2 テストデータの検知結果(曝気槽・沈殿槽)

表 5-7 排水路モデルの検知精度

排水路モデル テストデータ	泡立ちの検知精度	
	適合率	再現率
116 枚	95.5%	68.4%



図 5-3 テストデータの検知結果(排水路)

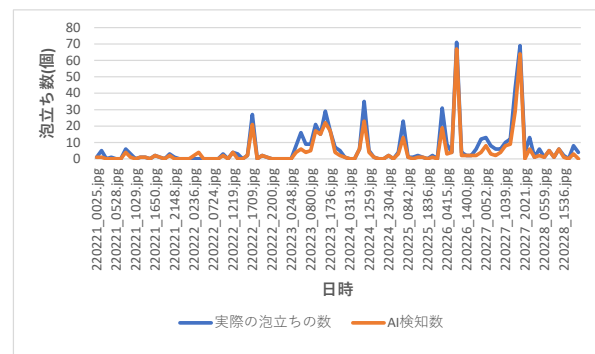


図 5-4 AI 検知数と実際の発生数の比較

(2) 水質異常早期検知モデルの構築

ユニチカ株式会社岡崎事業所では、図 5-5 のフローで排水処理が実施されており、排水路の泡立ちを目視確認後に泡消剤の添加を行っている。そこで、水質異常検知モデルによる泡立ちの検知結果、2022年1月から10月までの水質、PAC添加量及び消泡剤添加量等を活用し、各種データの相関の有無を整理した。特に、凝集沈殿槽において汚泥性状により人力でPAC量を調整しており、泡立ちの発生要因のひとつであると考えられることから、沈殿槽との相関を注視した。

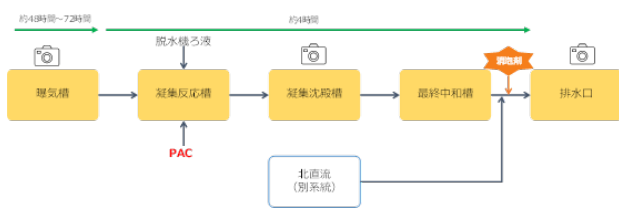


図 5-5 排水処理フロー

a) 排水路の泡立ちと沈殿槽の泡立ちの相関分析

排水路モデルによる泡立ちの検知数、沈殿槽モデルによる泡立ちの検知数及び消泡剤の添加状況を時系列で整理した結果を図 5-6 に示す。排水路モデルが泡立ちを検知する前に、沈殿槽モデルが泡立ちを検知していることを確認した。また、排水路モデルが泡立ちを検知した際に消泡剤が添加されていることを確認した。

b) 排水路の画像及び画像・水質などとの相関分析

曝気槽モデル、沈殿槽モデル及び排水路モデルの検知結果及び日常の維持管理項目として計測している水質との相関を分析した。なお、排水路の泡立ち個数 60 個以上を閾値とし、それ以上を異常現象として抽出した。排水路モデル及び沈殿槽モデルの泡検知率では、図 5-7 のとおり、正の相関がみられた。一方で、図 5-8 のとおり、排水路モデルの泡検知率及び沈殿槽モデルの汚泥発生率は、負の相関を確認した。今回の検証期間においては、排水路モデルの泡立ち

検知数と水質データに関する項目における明確な相関は見られなかった。相関が得られなかった要因としては、水質データの計測頻度が 1 時間であること、複数の系統の処理水が排水路に排水されること、水質項目が限定されていることが考えられる。ただし、原水ピットでも水質異常検知モデルを開発予定であるため、引き続き水質データを収集し、水質異常検知モデル(原水ピット、曝気槽、沈殿槽、排水路)の結果と水質データの相関関係を分析することを予定している。

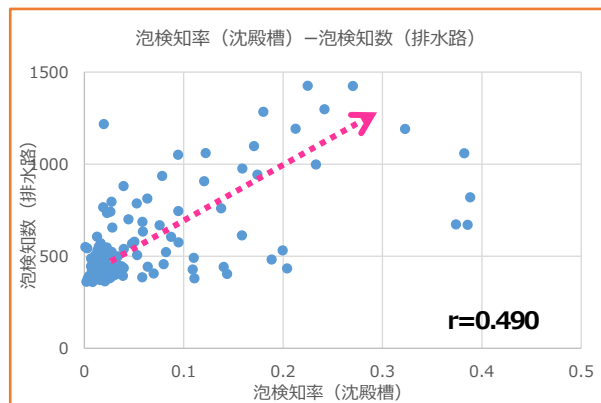


図 5-7 泡(沈殿槽)と泡(排水路)の相関

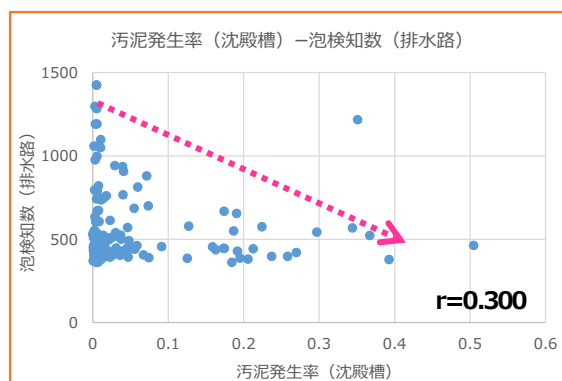


図 5-8 汚泥(沈殿槽)と泡(排水路)の相関

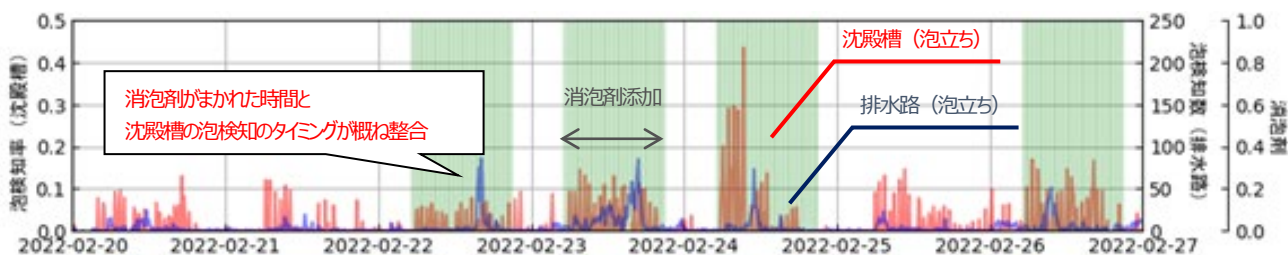


図 5-6 消泡剤添加と沈殿槽モデル及び排水路モデルの泡検知率の重ね合わせ図

(3) メール配信システムの開発

3地点の最新画像に対してAIモデルで判定し、閾値を超えた段階でメールを配信するシステムを開発した(図5-9 参照)。また、2022年11月より、ユニチカ株式会社へのメール配信を開始した。現状の各地点でのメール配信基準は、ユニチカ株式会社岡崎事業所と協議の上、以下で設定を行った。

曝気槽モデル) 現状なし

沈殿槽モデル) 警報メールは、槽内の泡立ち領域割合が67%を超えた段階に配信し、検知後は4時間に1度、現状の検知状況を配信する。復旧警報メールは、槽内の泡立ち領域割合の4時間平均値が67%を下回った段階で配信する。

排水路モデル) 警報メールは、画像内の泡立ち検知数が53個を超えた段階に配信し、検知後は1時間に1度、現状の検知状況を配信する。復旧警報メールは、画像内の泡立ち検知数の1時間平均値が53個を下回った段階で配信する。

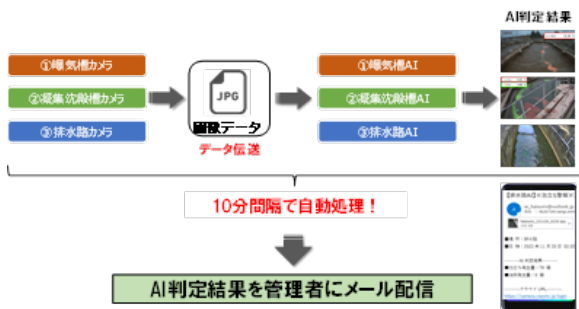


図5-9 メール配信システムの概要

(4) 原水ピットへのカメラ設置

ユニチカ株式会社岡崎事業所より、原水ピットの油剤流入による白濁及び泡立ちをカメラで検知したいという要望があった。油剤流出の発生確認が遅れた際、後工程で水質異常に対する対策を講じる必要があるが、原水ピットで発生を検知することで、水質異常対策に係るコスト削減が期待できる。そこで、今期は図5-10のとおり、原水ピットにカメラを増設することとした。

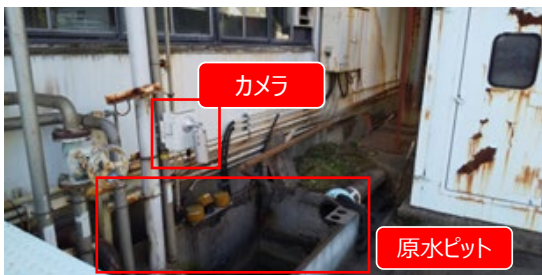


図5-10 カメラ設置画像

また、来期研究にて、表5-8に示す泡立ち及び白濁を検知する水質異常検知モデルを開発することを予定している。

表5-8 設置したカメラで撮影した画像



(5) 研究成果・今後の課題

a) 水質異常検知モデルの構築

AIモデルは、ほぼ100%で事象の発生検知が可能であり、水質管理者からも実務で利用するのに十分であると評価を得た。今後は、原水ピットのカメラ画像に対して、油剤流出による白濁及び泡立ち検知技術を開発予定である。

b) 水質異常早期検知モデルの構築

処理施設毎に計測項目や頻度が異なることから、公共下水道での相関の有無を確認するとともに、処理施設の規模やニーズに応じた維持管理における運用・活用方法について研究を進める。また、メール配信等を活用することで、過剰な薬品注入量の抑制が期待できるため、今後、メール配信と合わせた薬品注入の自動化など更なる効率化を図る必要がある。

c) 全体

開発したメール配信システムは、今期末に運用を開始したため、来期研究にて課題の整理、必要に応じてメール配信基準の調整を実施予定である。また、民間工場(ユニチカ他)への展開に加えて、下水処理場においても水質異常検知、水質異常早期検知予測の技術開発を予定している。

6. 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、3 ヶ年で開発した技術成果を以下に整理する。

(1) 開発した AI モデル

- a) 水面検知モデル, 砂州検知モデル, 砂州閉塞・開口判定モデル, 堰倒伏状況判定モデル, 水位予測モデル (鳥取県での実証実験)
- b) 汎用水面検知モデル (HEROZ との共同研究による)
- c) 曝気槽泡立ち検知モデル, 凝集沈殿槽泡立ち・汚泥フロック検知モデル, 排水路泡立ち検知モデル (ユニチカでの F/S)

(2) 開発したシステム

- a) 画像・数値データスクレイピングシステム (鳥取県での実証実験)
- b) メール配信システム (鳥取県での実証実験)
- c) WEB 表示システム (鳥取県での実証実験)
- d) メール配信システム (ユニチカでの F/S)

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。

来期から計画的な研究開発投資にて「AI・画像解析を活用した DX 支援サービスの事業展開」のテーマで 3 ヶ年の研究を実施する。引き続き、AI・画像解析を活用した監視・管理支援サービスを開発する。また、開発したサービスをパッケージ化し、国交省事務所だけでなく、自治体、民間企業等をターゲットに事業展開を検討し、当該行為で実施される監視の代替、管理の支援による対価を得ることを目標とする。

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) 斎藤彰儀, 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
- 3) 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).
- 4) 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))
- 5) 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)
- 6) Andrew Howard, Mark Sandler, Grace Chu, Liang-Chieh Chen, Bo Chen, Mingxing Tan: Searching for MobileNetV3, arXiv:1905.02244v5, [cs.CV], 20 Nov, 2019
- 7) Ultralytics YOLOv5: <https://github.com/ultralytics/yolov5>.

RESEARCH AND DEVELOPMENT OF IMAGE ANALYSIS SERVICES FOR CCTV CAMERA IMAGES

Yutaka Utsunomiya, Ko Ueyama, Masashi Yamawaki, Yoshihiro Ishikawa, Shouya Nakaki, Takafumi Mizuno

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¹・北川 照晃²

¹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

²技術士(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丁目14-5 KDX浜町中ノ橋ビル 2階)
E-mail: kitagawa@ctie.co.jp

近年、AI(人工知能)技術の一つであるディープラーニング(深層学習)、並びにIoT(モノのインターネット)やメタバース等の最新ICT(情報通信技術)を用いて、業務の効率化・高度化や、新たな価値の創出を図ろうとする研究開発が、国内外の企業や研究機関において盛んに進められている。当社が所属する建設コンサルタント業界においても、技術力向上や業務効率化を目的に、AI・ICT技術の研究開発、既存のAI・ICTサービスの導入、ベンチャー企業との業務・資本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・ICT技術の研究開発に着手し、社内の技術力と生産効率の向上に貢献する技術開発、並びに技術者の育成を実施している。本稿では、その2022年成果について報告するものである。

Key Words : Productivity improvement, AI, ICT, Deep learning

1. はじめに

近年、AI・IoT・メタバース等の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¹⁾。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²⁾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、2022年度のデジタル関連予算を過去最大の約1.2兆円計上³⁾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、技術力向上や業務効率化を目的に、AI・ICT技術の研究開発、既存のAI・ICTサービスの導入、ベンチャー企業との業務・資本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の向上に貢献するAI技術の研究開発を実施(表-1参照)してきた。具体的には、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)を主に活用し、研究目的を達成するためのAI技術の開発、論文・学会誌作成、技術者の育成に注力している。一方で、AIに関するノウハウは近年急速に進化しており、これまで開発してきた技術は徐々に陳腐化する恐れがある。そこで2022年の研究からは、これらの技術をさらに発展させると同時に、IoTやメタバース等の最先端ICT技術についても研究開発を実施し、更なる研究の高度化を目指した。本稿では、これらの2022年の研究成果について報告する。

表-1 当社におけるAI・ICT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
57期(2019年)	戦略的投資研究		6名	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)			7名	① 最先端の技術研究と技術部への展開
60期(2022年)			9名	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のAI・ICT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、社会インフラ維持管理の高度化・効率化を目的に、AI技術の活用を検討・開発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。総契約金額も2017年の約2億円から、2022年には約16億円まで増加しており、市場の拡大が著しい。この中で当社では、2017年度：2件、2018年度：15件、2019年度：17件、2020年度：21件、2021年度：26件、2022年度：33件の業務を受注し、本研究でAI技術の検討・研究開発、AI技術者の育成等を実施してきた。その成果が認められ、これまでに13件の業務表彰を受賞している。

(2) 同業他社のAI・ICT技術活用・研究開発状況

表-2に示すように、当社と同じ建設コンサルタント企業では、AI・ICTベンチャーやAIの教師データを有する企業と連携し、橋梁点検支援技術の研究開発や社内技術者の育成を行い、技術力・営業力の拡大に積極的に取り組んでいる。このような同業他社のAI・ICT技術の活用・研究開発事例は、近年急速に増加しており、今後もこの傾向は継続すると考えられる。

3. 技術力・生産効率向上のためのAI・ICT技術開発

(1) 技術力高度化のための技術開発

当社技術部門の技術力を高度化し、同業他社との差別化を図るためのAI・ICT技術の研究開発を実施した。次頁の表-3に、2022年に開発した15種類の技術一覧を示す。各技術により、当社の土木関係コンサル業務の受注、社内の他研究の発展、新規売上げ獲得に向けた新技術開発等に貢献することができたと考える。また、技術開発等に貢献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、開発した技術を社内の各部室に提供し、若手技術者が操作、または新たにAIを開発・学習できるよう育成に努めた。

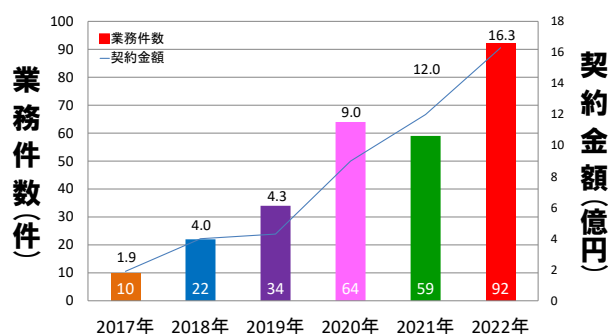


図-1 AIに関する土木関係コンサル業務件数と契約金額 (2017～2022年)

表-2 同業他社のAI・ICT技術の活用・研究開発状況(2022年)

No.	企業・組織名	取組内容	発表日(2022年)
1	日本工営(株)	豪雪地帯での除雪作業における課題解決に向けて、AIや量子アニーリング技術などのデータ活用の分野について、(株)グローブノーツと協業	2/28(月)
2		国土交通省九州地方整備局九州技術事務所の職員を対象に、画像解析AIを中心としたAI研修を実施	8/10(水)
3	八千代エンジニアリング(株)	外部のAI講習サービスを利用し、全社的なAI人材育成を開始	6/17(金)
4		高度なICT技術力を有する(株)ウェルストーンを子会社化し、顧客に対するICT関連サービスの提案力を強化することで、コンサルティングサービスの高度化・高付加価値化を推進	8/1(月)
5		三井住友海上火災保険(株)、MS&ADインターリスク総研(株)と共同で、交通事故をAIで未然に防ぐ安全・安心なまちづくりの推進を目的に、「大和平野中央田園都市構想(奈良県)安全・安心まちづくりコンソーシアム協定」を締結し2022年10月から実証実験を開始	10/19(水)
6	(株)オリエンタルコンサルタンツ	(株)スカイマティクスと共同開発した、AI稜判読システム「グラッチェ」を、国土交通省の新技術情報提供システム(NETIS)に登録	6/6(月)
7	(株)新日本コンサルタント	LiLz(株)が提供する遠隔IoT・AIサービス「LiLz Gauge(リルズゲージ)」を、橋梁の維持管理対策の目的で導入	6/28(火)
8	(株)日本海コンサルタント	BIPROGY(株)と共同開発したAI橋梁診断支援システム「Dr.Bridge」を活用し、石川県七尾市で2020年度から5m未満の橋梁の点検・診断業務を実施	8/22(月)
9	大日本コンサルタント(株)	ショーボンド建設(株)、日本ソフトウェア(株)と共同で、AI技術を活用し、コンクリート構造物分野における写真データと橋梁諸元データから劣化診断を総合判定できるシステム「AI診断士」を開発	9/15(木)
10	(株)エイト日本技術開発	(株)ジャパン・インフラ・ウェイマークと共同で、橋梁を撮影した画像から危険な損傷箇所を抽出するAIを開発	11/9(水)
11	(株)ウェスコホールディングス	(株)日本海コンサルタントが開発した橋梁点検システムを活用し、岡山県内等の自治体向けに橋梁点検サービスを開始	12/14(水)
12	応用地質(株)	画像認識AI事業を行う(株)OXの株式を取得し、子会社化することを決定	12/16(金)

表-3 技術力の高度化を目的とした AI・ICT 技術開発

No.	技術名	研究成果	研究の貢献ポイント
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	<ul style="list-style-type: none"> ■ ユニチカ(株)岡崎事業所の3地点(①曝気槽, ②凝集沈殿槽, ③排水路)の水質異常検知 AI モデルを開発 ■ AI モデルの判定結果を活用したメール配信システムを開発し, 実証実験を実施 ■ 画像・水質データの相関分析を実施 	社内の他投資研究の発展
2	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	<ul style="list-style-type: none"> ■ 交通事故の対策立案案は, 現地調査を踏まえ担当者のこれまでの経験に依存 ■ 交通事故データを用いて交通事故発生要因を抽出・可視化する AI モデルを開発 	社内の他投資研究の発展
3	AI を用いた予測制御型エネルギーマネジメントシステムの構築	<ul style="list-style-type: none"> ■ ビルや地域全体のエネルギーマネジメントに資するため, 需要電力量と創電力量を予測する AI モデルを開発 ■ ZEB 化した建物を対象に, 需要電力量と太陽光発電量を予測するプロトタイプモデルを開発し, モデルの精度を確認 	社内の他投資研究の発展
4	AI を活用した樋門自動設計に関する基本システムの開発	<ul style="list-style-type: none"> ■ 過去の設計実績や標準設計資料に基づき, 樋門の基本諸元を推定する AI モデルを開発し, 推定結果から3次元モデルを作成する自動設計システムの開発を目指す ■ 自動設計システムに組み込む諸元パラメータである作台寸法, 函体スパン割を目的変数とした AI モデルを開発 ■ 推定誤差を定量化し, 設計の自由度と設計ミスの境界を明確化した設計照査用ツールを開発 	社内の他投資研究の発展
5	Web 上の気象情報を活用した AI 技術による危険度評価技術の開発	<ul style="list-style-type: none"> ■ AI により Web 公開中のレーダ予測雨量補正モデルを開発し, 分布型洪水予測や AI ダム流入量予測の精度向上, Riskma の機能補強を図る ■ プロトタイプとして, 一級河川松浦川水系の厳木ダム流域を含む九州北部を対象に, 3時間後までのレーダ予測雨量補正 AI モデルを開発 ■ 現状のモデルにより, 1時間後は高精度に予測できるが, 2・3時間後と長期の将来予測になる程精度が低下 	社内の他投資研究の発展
6	強化学習のダム最適操作への適用	<ul style="list-style-type: none"> ■ 肱川水系のダムを対象に, 最適な特別防災操作を予測する強化学習 AI モデルを開発 ■ 那賀川水系のダムを対象に, 最適な事前放流操作を予測する強化学習 AI モデルを開発 ■ これまで当社が強化学習に用いていたモデルを更新し, 「Agent57」, 「MuZero」の2手法の適用性検討を実施 	各部室の AI 関連業務の受注
7	車両の行動解析モデルの開発	<ul style="list-style-type: none"> ■ 交通量を5車種別に計測する AI モデルを開発 ①一般乗用車, ②小型貨物車, ③大型貨物車, ④バス, ⑤バイク ■ 車両通過台数, 車両走行速度, 滞留長等の計測, 車両の走行軌跡を可視化する AI モデルを開発 	各部室の AI 関連業務の受注
8	プライバシー保護を目的としたモザイク補正技術の開発	<ul style="list-style-type: none"> ■ 車のナンバープレートや, 標識・看板, 人の顔を検知し, モザイク補正を行う AI モデルを開発 ■ ツール化し社内の関係部室に提供することで, 試用検証を実施 	新規売上げ獲得に向けた新技術開発
9	ナンバープレート解析モデルの開発	<ul style="list-style-type: none"> ■ 車両のナンバープレート情報(地域名・分類番号・平仮名・一連指定番号)を検知する AI モデルを開発 ■ ナンバープレート解析用の近距離撮影カメラではなく, 既設の CCTV カメラでも一連指定番号の計測が可能 	新規売上げ獲得に向けた新技術開発
10	音響に関する研究(砂防部門)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 実験施設で取得した9種類の落水音データを分類する AI モデルを開発 	新規売上げ獲得に向けた新技術開発
11	人間の行動解析モデルの開発	<ul style="list-style-type: none"> ■ 人間の世代区分(①子供, ②大人, ③高齢者)を判定する AI モデルを開発 ■ グループ属性(①家族, ②友人, ③カップル)を検知する AI モデルを開発 ■ 人間の基本行動・詳細行動を検知する AI モデルを開発 【基本行動(6種類)】 ①歩く, ②座る, ③立つ, ④話す, ⑤スマホを見る, ⑥自転車に乗る 【詳細行動(12種類)】 ⑦読む, ⑧食べる, ⑨飲む, ⑩電話する, ⑪喫煙, ⑫傘をさす, ⑬杖をつく, ⑭手をつなぐ, ⑮スーツケースを運ぶ, ⑯ベビーカーを押す, ⑰手押し車を押す, ⑱車いすを押す ■ 国交省の新設補助制度である「まちなかウォークアブル推進事業」に関連した業務支援, 観光地・商業施設マーケティング分析等の AI サービス化への活用が可能 	各部室の AI 関連業務の受注 新規売上げ獲得に向けた新技術開発
12	IoT 利活用に関する研究	<ul style="list-style-type: none"> ■ MCU に人数カウント AI モデルを搭載し, エッジ端末で実証実験を実施 ■ MCU に水面検知 AI モデルを搭載し, エッジ端末で水位計測実験を実施 ■ MCU の判定結果をリアルタイムで確認し, SharePoint と連携できるクラウド環境を構築 	新規売上げ獲得に向けた新技術開発
13	メタバースに関する研究	<ul style="list-style-type: none"> ■ 点群データの間引き, サーフェス化に関する処理方法を検討 ■ フォトグラメトリを用いた地形モデリングと, BIM/CIM との連携の検討 ■ 平面検知技術を用いた河川堤防の変状検知の検討 	新規売上げ獲得に向けた新技術開発
14	AI による点群データの解析	<ul style="list-style-type: none"> ■ 「メタバースに関する研究」の付随研究 ■ 必要点群データの抜粋による3次元データ編集作業の効率化等を目的に, 点群単位でセグメンテーションを実施する AI モデルを開発 ■ 現状の AI モデルにより, オープンデータの室内点群データ(S3DIS)では高精度な結果を得た ■ 一方で, 当社独自に作成した河川周辺点群データでは, 量が多く・密度が高い点群のみ検知可能 	新規売上げ獲得に向けた新技術開発
15	AGI (汎用人工知能)の開発	<ul style="list-style-type: none"> ■ 人間が教師データを作成やハイパーパラメータ設定をすることなく, 自律的に継続学習する AI 技術を開発 ■ 砂州・水面検知モデルを対象に, 従来の教師あり学習と AGI の学習結果を比較した結果, 同等の精度を得た 	新規売上げ獲得に向けた新技術開発

(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の AI 技術の研究開発を実施した。表-4 に、2022 年に開発・改良した技術である「参加表明書作成支援システム」の詳細を示す。本技術により、国土交通省関東地方整備局が発注するプロポーザル業務に対し、管理技術者として適した社員情報の収集・整理、参加表明書シート作成の自動化が可能となった。現在本システムは各部室で運用中であり、社員の労働時間削減と入力ミス防止による品質向上に貢献している。

4. 社員教育・広報

(1) 論文・学会誌作成

本研究成果を取り纏めた論文・学会誌を 2022 年に 9 本作成(内査読論文 3 本)(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：1 本、2018 年：5 本、2019 年：5 本、2020 年：5 本、2021 年：5 本の論文・学会誌を作成しており、当社の技術力向上に大きく貢献していると考えられる。

(2) 広報活動

本研究成果の広報活動を 2022 年に 12 件実施(表-6 参照)し、外部への当社技術力アピールとコネクション作成を図った。

表-6 研究成果の広報活動

No.	実施内容	実施日
1	Society5.0 シンポジウム (AI 研究開発成果の一例を発表)	2022 年 1 月 28 日(金)
2	日経 BP 記事掲載 (雑誌名「いいね! 建設産業 本当の魅力」)	2022 年 2 月 28 日(木)
3	AI 研究発表会 (AI 研究開発成果を社内に向け発表)	2022 年 4 月 12 日(火)
4	インフラメンテナンス国民会議 近畿本部フォーラム (AI 研究開発成果の一例を発表)	2022 年 5 月 19 日(木) ~5 月 20 日(金)
5	第 1 回国土文化研究所研究発表会 (AI 研究開発成果を社内に向け発表)	2022 年 7 月 7 日(木)
6	第 47 回土木情報学シンポジウム (AI 研究開発成果の一例を発表)	2022 年 9 月 29 日(木) ~9 月 30 日(金)
7	社内メタバースセミナー (AI 研究開発成果の一例を発表)	2022 年 11 月 11 日(金)
8	第 3 回 AI・データサイエンスシンポジウム (AI 研究開発成果の一例を発表)	2022 年 11 月 16 日(水) ~11 月 17 日(木)
9	建設技術展 2022 関東 (AI 研究開発成果の一例を発表)	2022 年 11 月 16 日(水) ~11 月 17 日(木)
10	SDGs Week EXPO 2022 (AI 研究開発成果の一例を発表)	2022 年 11 月 16 日(水) ~11 月 17 日(木)
11	第 2 回国土文化研究所研究発表会 (AI 研究開発成果を社内に向け発表)	2022 年 11 月 29 日(火)
12	【東京都研修】「技術セミナー I」 (当社の AI 研究取組事例を講演)	2022 年 12 月 14 日(水)

表-4 AI による生産効率向上を目的とした技術開発

No.	技術名	研究成果
1	プロボ参加表明書作成支援システム	<ul style="list-style-type: none"> ■ 下記機能を持つ AI プログラムを開発 <ol style="list-style-type: none"> 1) 関東地方整備局の業務説明書(pdf)を認識し、業務実施に最適な管理技術者、担当者を決定する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、技術評価点をランキング形式で集計 2) 1)の結果を基に、選定した管理技術者の情報を参加表明書シートに自動入力 ■ 東京本社下記 5 部室で運用中 <ol style="list-style-type: none"> ①道路・交通部、②河川部、③情報・電気通信部、④DMC、⑤水工部 ■ 修正・改良対応を適宜実施 ■ 1 件につき約 24 時間必要な作業が約 5 分に短縮化、管理技術者の業務実績・成績の入力ミスが削減(道路・交通部)

表-5 本研究で作成した論文・学会誌

No.	題目	掲載誌名	作成年月	概要
1	Q 学習を活用した交通取締り活動の推計に関する研究	交通工学論文集 ⁴⁾	2022 年 1 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【査読論文】
2	Deep Q-Network を用いた効果的な取締り活動方法の推計に関する研究	土木計画学研究講演集 ⁵⁾	2022 年 2 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	砂防施設点検における AI 画像解析等の技術活用に向けた取り組み	令和 4 年度砂防学会研究発表会概要集 ⁶⁾	2022 年 4 月	■ 砂防施設の損傷等を AI で自動検知する技術の試験開発結果を報告
4	AI を活用した土砂災害危険度評価手法の研究_未経験降雨指数による判りやすい危険度の表現	土木施工 ⁷⁾	2022 年 5 月	■ 土砂災害に関する市町村の避難指示オペレーション支援を目的とした、AI による土砂災害危険度評価手法の開発結果に関する報告
5	深層学習による河川空間内の迷惑・不法行為検知に関する研究-2021 年度実証実験報告-	土木情報学シンポジウム講演集 ⁸⁾	2022 年 9 月	■ 河川空間における迷惑・不法行為検知モデル構築と、それを実装したカメラ映像解析・警告発報システムによる実証実験結果を報告
6	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	(一社)建設コンサルタンツ協会 近畿支部研究発表会論集 ⁹⁾	2022 年 10 月	■ 河川空間における迷惑・不法行為検知モデル構築と、それを実装したカメラ映像解析・警告発報システムによる実証実験結果を報告
7	深層学習を用いた水質異常検知に関する研究-排水処理施設での F/S の実施-	AI・データサイエンス論文集 ¹⁰⁾	2022 年 9 月	■ 水質異常を検知するモデルの構築と、実際の排水処理施設における F/S 結果について報告【査読論文】
8	気象・交通量の将来予測値と深層学習を用いた大気汚染予測モデルの構築	AI・データサイエンス論文集 ¹¹⁾	2022 年 9 月	■ 大気汚染(NO2 濃度)防止を目的とした交通迂回誘導を最適化するための、大気汚染予測モデルの開発結果を報告【査読論文】
9	ベイズモデルを活用した交通取締り活動時間のあり方に関する一考察	土木計画学研究講演集 ¹²⁾	2022 年 11 月	■ 交通事故や取締り実施状況データと事故データを活用し構築した重回帰ベイズモデルにより、取締り活動が交通事故発生リスクに与える傾向を把握

(3) 社員教育

社内の AI・ICT 技術力の向上を目的に、社員の技術研修を本研究で定期的・実施している。2022 年は交通・都市事業部門の新入社員・若手社員を対象に、8 日間の AI プログラミング研修を実施(表-7 参照)した。

表-7 AI プログラミング研修の実施内容

研修日 (2022 年)	研修内容
4月19日(火)	基礎編「AI 基礎知識の講習」
4月20日(水)	基礎編「Excel 及びVBA の講習」
4月21日(木)	基礎編「R と統計の講習」
4月22日(金)	基礎編「Python と機械学習の講習」
4月25日(月)	応用編「R と統計の事例紹介・演習」
4月26日(火)	応用編「Python と機械学習の事例紹介・演習」
4月27日(水)	応用編「事業効率化プログラムの事例紹介・演習」
4月28日(木)	応用編「画像解析プログラムの事例紹介・演習」

5. 結論

本稿では、2017 年より実施している AI・ICT 技術の研究開発において、2022 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の高度化、新技術の取得
- (2) 単純作業自動化による労働時間削減、品質向上
- (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、外部への当社技術力 PR と新たなコネクション作成

2022 年以降も同様の研究を継続する。さらに、多種多様な最先端研究の実施と新技術の社会実装によるイノベーション・企業価値の創出、高度研究者の育成による専任研究員の増加等の活動に今後注力し、本研究を更に発展させることを目指したい。

参考文献

- 1) 令和 4 年度情報通信白書, pp.2-41, 2021.
- 2) AI 白書編集委員会: AI 白書 2022, pp.206-298, KADOKAWA, 2022.
- 3) 2022 年度デジタル予算は過去最大の 1.2 兆円, 地方・人・マイナンバーに重点投資, 2022.1
<https://xtech.nikkei.com/atcl/nxt/column/18/00001/06422/>
- 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取締り活動の推計に関する研究, 交通工学論文集, Vol.8, No.2, pp. A_232-A_239, 2022.
- 5) 島田大輔, 山脇 正嗣, 寺奥 淳, 寺奥 淳, 成瀬 拓海, 森本 章倫: Deep Q-Network を用いた効果的な取締り活動方法の推計に関する研究, 第 65 回土木計画学研究発表会論文集, 2022.
- 6) 菊池 瞳, 金井 聖, 中西 宏彰, 家田 泰弘, 片嶋 啓介, 川崎 巧, 伊藤 巧, 西山 幸治, 酒谷 幸彦, 寺堀 吉博: 砂防施設点検における AI 画像解析等の技術活用に向けた取り組み, 令和 4 年度砂防学会研究発表会概要集, pp. 189-190, 2022.
- 7) 松原 智生, 笹山 隆, 川瀬 樹一, 戸館 光, 中西 宏彰, 小杉 賢一朗: 土木施工_2022 年 6 月号, pp.109-112, 2022.
- 8) 山脇 正嗣, 漆谷 晃樹, 吉井 貴弘: 深層学習による河川空間内の迷惑・不法行為検知に関する研究-2021 年度実証実験報告-, 土木情報学シンポジウム講演集, Vol.47, pp. 21-24, 2022.
- 9) 漆谷 晃樹, 山脇 正嗣, 法橋 広歩, 田中 優太, 吉井 貴弘, 村上 紘平: 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, 第 55 回(令和 4 年度)研究発表会論集, (一社)建設コンサルタンツ協会 近畿支部, 2022.
- 10) 宇都宮 優喬, 小松 将弘, 土性 則之, 上山 晃, 中村 直人, 山脇 正嗣, 石川 美宏, 山本 礼子, 水野 貴文: 深層学習を用いた水質異常検知に関する研究-排水処理施設での F/S の実施-, AI・データサイエンス論文集, Vol.3, No.J2, pp.231-237, 2022.
- 11) 田頭 直樹, 平松 佑一, 松田 健介, 福田 朗大, 濱崎 泰知, 大澤 剛: 深層学習を用いた水質異常検知に関する研究-排水処理施設での F/S の実施-, AI・データサイエンス論文集, Vol.3, No.J2, pp.488-497, 2022.
- 12) 倉科 慧大, 寺奥 淳, 山脇 正嗣, 森本 章倫: ベイズモデルを活用した交通取締り活動時間のあり方に関する一考察, 第 66 回土木計画学研究発表会論文集, 2022.

AI TECHNOLOGY UTILIZATION RESEARCH TO IMPROVE PRODUCTIVITY

Masashi Yamawaki, Teruaki Kitagawa

Recently, companies and research institutes around the world are conducting research and development using Deep learning of AI technology, and latest ICT such as IoT and Metaverse. The purpose is to improve the efficiency and sophistication of operations and create new value. In the construction consulting industry to which our company belongs, many cases have been reported for the purpose of improving technical capabilities and improving operational efficiency. The content is research and development of AI / ICT technology, introduction of existing AI / ICT services, business / capital tie-up with venture companies, etc.

Since 2017, we have also started research and development of AI/ICT technology. Our company implements development of technology that contributes to improving technological capabilities and production efficiency, and education and development of engineers. In this paper, we report the results in 2022.

3次元データによる構造物設計に向けた 設計支援システムの開発(2)

坂本 達俊¹・吉田 太輝¹・鵜飼 隼²・古野 貴史³・薄井 正幸²・藤田 玲⁴・柳田 勇⁴

¹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: t-sakamoto@ctie.co.jp, tak-yoshida@ctie.co.jp

²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: s-ukai@ctie.co.jp, usui@ctie.co.jp

³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

⁴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、樋門樋管における予備設計プロセスのシステムを紹介した。結果、3次元設計による予備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

近年、Society5.0に向け、土木分野においては、3次元データにより建設プロダクトサイクルの効率化・高度化を図るためのBIM/CIMの導入・推進が加速している。3次元データを用いた設計には大きな期待が寄せられている¹⁾が、多くの設計現場では、図面を使用した従来のワークフローのまま、図面作成後に3次元データが作成・活用されるなど、3次元データは設計プロセスの効率化・高品質化にほとんど寄与できていない現状である。

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、樋管・樋管予備設計のワークフローを概観しつつ、ワークフローの課題、改善するためのシステムの要件定義を行う。3章では、樋門・樋管を対象とした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。

2. 3次元設計支援システムの要件定義

2.1 従来の2次元設計の課題

従来の2次元設計のワークフローでは、図面を情報媒体とし、図面の形状情報を正として取り扱っているがために、各タスクに情報を引き渡すためには、常に図面を更新し続け、人が目で見て図面からデータを読み取り、手作業でタスクにデータを入力する必要がある。

我々は、先の報告で、こうした従来のワークフローは、工数が多く、エラーが発生しやすい構造であり、設計の最適化を進めにくいという課題を指摘している²⁾。

これに対し、我々が提起する3次元設計とは、この媒体を単純に3次元モデルに置き換えるものではない。3D-CAD上で表示される3次元モデルは、図面と同様に人が目で認識しやすくするための手段の1つに過ぎない。

我々が提起する3次元設計とは、図面や3次元モデル等の媒体を介して、人の手で設計のワークフローを回していくのではなく、設計のワークフローを3次元データを中心としたデータフローへと転換していくDXである。

2.2 3次元設計支援システムのコンセプト設計

以上のような課題認識の下で、3次元設計システムのコンセプト設計を行い、システムの要件定義を行った。これらは、以前に報告した橋梁のシステム²⁾と同様であるが、特に樋門・樋管において強く意識した部分を中心に再度整理を行った。

(1) システムのコンセプト設計

3次元設計システムのコンセプトを以下のように設計した。

- **情報伝達のシームレス化**：これまで人の手で付加情報を付けずに行っていたタスク間の情報引き渡し作業（例えば、技術者が図面を見て構造計算システムに部材厚を入力する等）は、ミス・エラーの発生要因となるため、できるだけ自動化する。
- **設計手順の標準化**：設計はトライアンドエラーによる最適化のプロセスそのものである。特に、その要素の強い予備設計プロセスでは、技術者の知識・技術力により、手順が異なり、手戻りが生じやすくなる等、品質バラツキが生じていた。概略形状の初期値設定の考え方や設計手順の標準化を行った。
- **評価の効率化・高度化**：設計は、ただの3次元モデリング作業ではなく、技術者が段階的に「基準に適合しているか」「パラメータが的確であるか」を評価し、根拠を説明できるものでなくてはならない。従来の評価をより効率化する観点と3次元モデル等を用いてさらに高度化する観点から、ワークフローでの評価方法を再検討する。

(2) システムの要件定義

上記のコンセプトを実現するためのシステム開発として、①ワークフローの中で設計の思想や計画に基づき、3次元形状・属性などのパラメータの管理を行うデータベース開発、②データベースと各タスクで用いる3次元CADや構造計算ソフト等の専門プラットフォームを連携させるための外部インターフェース開発に分け、各要件定義を行った。このうち、外部インターフェースは3章にて、詳述することとし、ここではデータベースの要件定義について述べる。

データベースの要件定義を表-1に示す。データベースで扱う3次元形状データは、点と座標値のように定義することも可能であるが、各部材のパラメトリックモデリングを想定したKey-Value型のデータベースとして定義した。これにより、例えば、函渠であれば、図-1のパラメータで構成され、構造計算ソフトで用いる“部材厚”等、各タスクとの互換性がよく、技術者が理解しやすいデータベース定義が可能である。その他、データ管理機能や、外部インターフェースと連携させるための出力機能など

をデータベースに具備すべき機能として、定義した。

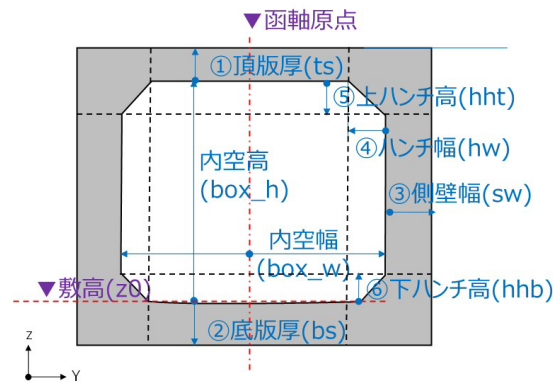


図-1 函渠の形状パラメータの設定例

表-1 データベースの要件定義

要件	対応
対象構造物の形状を問題なく表現でき、専門プラットフォームとの互換性のよいパラメータ設定	データベースの形式はKey-Value型で、パラメトリックモデリングの考え方を基本に、独自のパラメータの定義を行った。形状詳細度は、構造図を表記できるレベルとした。
技術者がパラメータを適切に設定・評価できるデータ管理機能	部材毎に形状や考え方等のパラメータを管理するIF、パラメータ間の拘束・相関関係を管理するアルゴリズムを作成した。
専門プラットフォームと連携するためのアウトプット機能	中間ファイル(Excelシート、CSVデータ)を介して、外部システムと連動させる。

2.3 樋門・樋管の設計支援システム独自の要件定義

樋管予備設計ワークフローの特徴を踏まえ、樋門・樋管の設計支援システムにおいて具備すべき独自の要件定義を行った。

(1) 複雑で相関関係を持つ形状パラメータ

橋梁下部工のLOD300のパラメータが20-30個程度であるのに対し、樋管は、形状が複雑であり、LOD300では300~400程度のパラメータが必要となる。橋梁と異なり、樋管ではユーザーが手入力パラメータを修正する労力も相当に大きくなる。

また、樋管は、個々の部材だけでなく、全体として、構造令に整合が取れている必要があり、部材間のパラメータの相関性も重要である。例えば、図-2のように、樋管の敷高を①から②に変更した場合、胸壁の位置は、施工堤防断面と胸壁の交点で幾何学的に決まるため、堤防形状に沿うように①から②にかけて変化する必要がある。

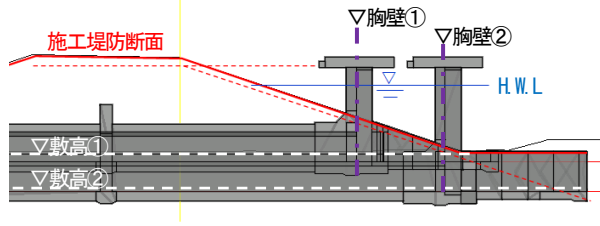


図-2 樋管の堤防形状に対する拘束の一例

(2) トライアルが前提となるワークフロー構造

樋門・樋管の設計では、ワークフローの最初の段階で樋管を置く位置と高さを決める必要がある。支川の切り回しの関係から既設の樋管に近接する施工となるケースが多く、その場合、LOD300に近い精度で新設の樋管の形状を仮定し、床掘計画を立案する必要がある。これらの形状を決める上では、構造計算で決定される部材厚等、後の工程で決まるパラメータを最初に仮定しておく必要があり、これまで、いかに手戻りの少ない初期値を設定できるかは技術者の知識や経験に依存していた。

(3) 樋管予備設計のためのシステムの要件定義

以上整理した特徴から、樋門・樋管のワークフローでデータベースが具備すべき機能の要件定義を表-2のとおり整理した。

表-2 樋門・樋管独自の要件定義

要件	対応機能
基本事項の検討から詳細度 300 程度の形状 (約 400 個のパラメータの設定) を仮定する必要がある	A: 基本事項の検討時に設定可能な数十個のパラメータから、詳細度 300 に必要な約 400 個のパラメータの初期値を推定する機能
構造物の形状や拘束関係が複雑で、パラメータ数が多い。	B: パラメータ間の拘束関係・基準の適合性を保ったままパラメトリックにパラメータを変更するパラメータ管理機能 C: 基準の適合性を漏れなくチェックできる適合性判定機能

3. 樋門・樋管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、樋門・樋管の予備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、その機能の概要と外部連携インターフェースを中心に紹介する。

3.1 樋門・樋管の3次元設計支援システムの概要

(1) システムのフロー

樋門・樋管予備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-3に示す。

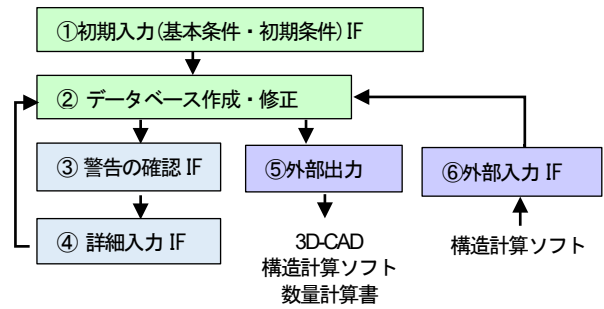


図-3 3次元設計支援システムのフロー

適用基準、設置位置の堤防形状等の基本条件、樋管のタイプ、構成、函渠断面などを専用インターフェース (以下、IF という) から初期入力を行い、初期形状作成アルゴリズムによりデータベースを作成する。データベースが作成・修正されると、基準の適合性に関する警告が警告確認 IF に出力される。警告を確認しながら、詳細入力 IF より、部材毎に詳細な形状を修正し、随時データベースの更新を行っていく。これらがデータ管理の基本的な流れである。

初期入力が完了し、データベースが作成されれば、いつでも⑤外部出力が可能で、外部連携インターフェースを通じ、3次元モデルの確認、図面出力、構造計算等、各タスクヘシームレスに3次元データを引き渡すことができる。各タスクでの評価を踏まえ、随時、詳細入力IFにて、データベースのパラメータを修正するのが、ワークフローを進めていく際の流れである。また、⑥外部入力IFにより、構造計算ソフトで入力し形状をデータベースに引き戻すことも可能である。

(2) 初期形状作成アルゴリズム

初期入力されたパラメータから、LOD300のパラメータを推定し、初期形状のデータベースを作成するためのアルゴリズムを開発した (機能要件 A, B に対応)。樋門・樋管で扱う形状のパラメータは大きく以下3つに分類される。

- ① 堤防断面と胸壁の交点から決定される函渠長など、幾何学的に決定されるパラメータ
- ② 構造計算により決まる函渠の側壁厚など、詳細な検討により、後工程で確定的に決まるパラメータ
- ③ 胸壁の幅等、経験的に決められるパラメータ

①は、技術者判断に寄らず、アルゴリズムで自動的に更新されるべきものとし、基本的には、詳細入力でも技術者がコントロールできない仕様とした。②は、構造計算等の後工程で使用する初期値となるため、手戻りの少ない値に設定されることが望ましい。弊社の設計事例より、相関式や中央値などを用いて設定した。③は、国土省の各地方整備局の基準 (ローカルルール) により設定することを基本とし、値に幅がある場合や、基準に記載がない場合は、標準的な決定方法を決めた。

(3) 警告機能

警告機能は、樋管の多岐に渡るパラメータ同士の関連性や基準に対する適合性を技術者が確認するための補助機能として設けており、データベースが更新するたびに、設定されたパラメータに対する、基準への適合性を判定する（機能要件 C に対応）。

適合性は、表-3のようなランクで、適合性に関する違反を警告することとしている。

表-3 適合性に対する警告機能のランクと内容

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

例えば、A ランクの警告は、出してはならない警告であり、基準書で「～しなければならない」、「～の必要がある」などの記述から外れる設定に対するものである。

このような警告機能を実装することで、3D モデルでは確認しづらい、土被りなどの設計のディティールを確認しやすくしている。

(4) 数量計算書の出力

数量計算は、3D-CAD で算定される数量を正としているが、従来形式の表計算ソフトによる数量計算書を成果品として求められる現状から、これを出力する機能を実装している。

3.2 3次元CADとの連携インターフェースの開発

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²⁾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。

本稿で扱う樋門・樋管のシステムでは、ゲートや上屋など、土木だけでなく機械・建築部門とのモデル交換が必要であることから、社内で広く使われている Autodesk 社の Civil3D、Revit を選定した。それぞれのソフトに対し、設計支援システムと連携可能なテンプレート及びインターフェースを開発した。

(1) Civil3D との連携インターフェース

Civil3D では、業務領域における地形モデル、計画の堤防線形、縦横断計画の管理などを行い、これらのモデル上に、システムと連携し、樋門・樋管および施工基面モデルを自動作成することで、平面図の作成、樋管の位置選定における取り合いの確認、床掘形状を作成し、土工

図を作成するなどのタスクを実施する。

Civil3D との連携インターフェースは、ビジュアルプログラミングツールである Dynamo を使用し、データベースから出力される樋門・樋管および施工基面のパラメトリックパラメータを、Civil3D 上で扱うためのソリッドモデルおよび 3D ポリラインへの変換を行い、Civil3D 上の堤防線形に自動配置する仕様とした。

事前に現況地形モデル、計画堤防モデルを作成しておく準備が必要であるが、連携インターフェース Dynamo によりワンクリックで、上記のタスクに必要な詳細度の樋門・樋管モデルおよび施工基面の配置が可能である(図-4)。

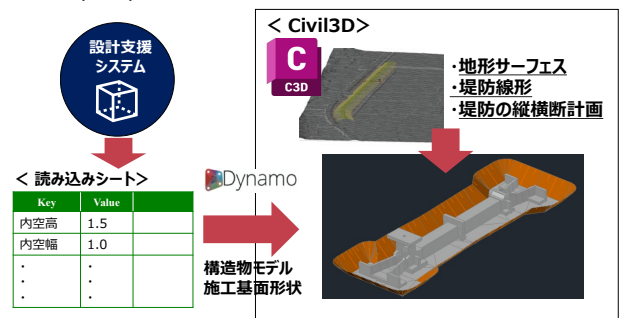


図-4 Civil3D との連携

(2) Revit との連携インターフェース

Revit においては、3次元モデルの確認・管理、樋門・樋管の一般図、構造図の作成、数量算定、IFC への出力などのタスクを行う。

Revit との連携インターフェースは、Dynamo を使用し、データベースから出力されるパラメータを元に、Revit 上に樋門・樋管の 3D モデルを自動作成するとともに、必要な属性情報を登録する。

Revit 側では、樋管の部材・タイプ毎にパラメトリックなパラメータを設定した 3D モデル部品 (Revit 上ではファミリと呼ぶ) を入れたプロジェクトテンプレートファイルを作成した。

このテンプレートファイルと Dynamo を組み合わせることで、データベースから出力されるパラメータをテンプレートのファミリに入力し、インスタンスとして自動配置可能で、属性情報を付加した樋管の LOD300 のモデルを自動モデリングする仕組みとなっている(図-5)。

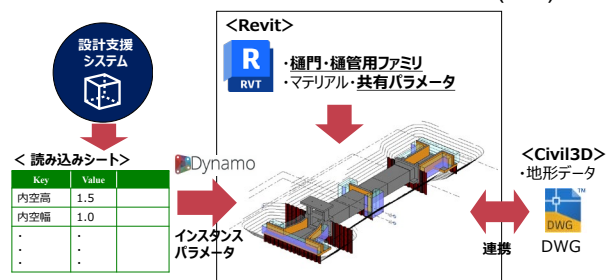


図-5 Revit との連携

(3) Revitの支援ツール

Revitの操作に習熟していない技術者であっても、簡易な操作で成果品を作成できるよう、図面自動作成アドインおよび出力設定テンプレートを開発した(図-6)。

図面自動作成アドインは、Revitとの連携インターフェースにより自動配置されたモデルに対し、一般図、構造図を自動作成するアドインをRevitAPIにて開発した。モデル作成後、ワンクリックで、各種図面が作成できるようになっている。

また、出力設定テンプレートには、数量算出およびIFC出力に必要な属性情報(共通パラメータ)、CAD製図基準に対応したDWGなどの出力設定、「R4.3 3次元モデル成果物作成要領(案)」に基づく、属性情報、IFC出力が定義されており、Revitの操作に習熟していない技術者であっても、難しい操作無く成果品の図面出力、IFC出力、数量の集計が可能である。

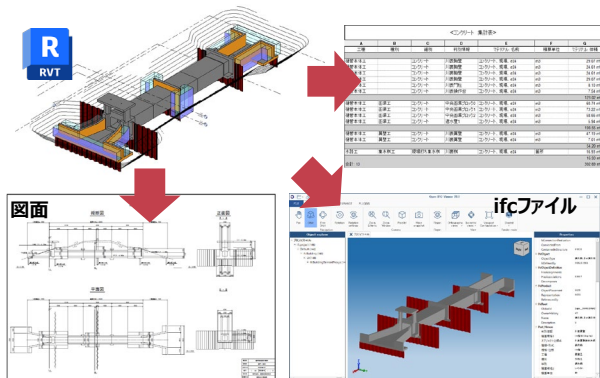


図-6 Revitからの各出力

3.3 構造計算ソフトとの連携インターフェースの開発

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の連携を実現するためのツールを開発した(図-7)。

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『柔構造樋門の設計・3D配筋』を対象とした『CSVインポートツール』を同社と開発した。

『CSVインポートツール』では、部材の寸法などの条件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。

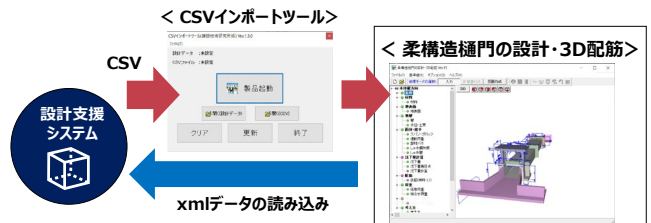


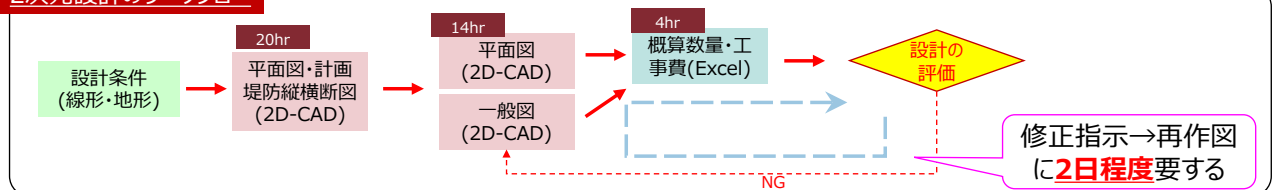
図-7 構造計算ソフトとの連携

3.4 設計支援システムの効果

これらの設計支援システムを設計業務でテストした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従来の手作業による平面図・一般図の作成、修正作業と比較し、技術者自身が短時間で図面を作成することができた(図-8)。従来の作業時間に比べ、50~80%程度の時間削減効果があった。これには、従来、技術者の指示の下CADオペレータが図面を作成するタスクを、技術者が設定したパラメータで直接自動モデリング・図化を行うタスクに改善した、ワークフロー改善効果も大きく影響している。
- ②従来に比べ、図面・モデル修正および案出しが短時間でできるため、納得するまで何度でも作り直せることができ、設計の最適化を進めやすくなった。
- ③適合性の警告により、基準への適合性の見落としを防ぐことができ、課題を素早く確認して対応できる。

2次元設計のワークフロー



3次元設計のワークフロー

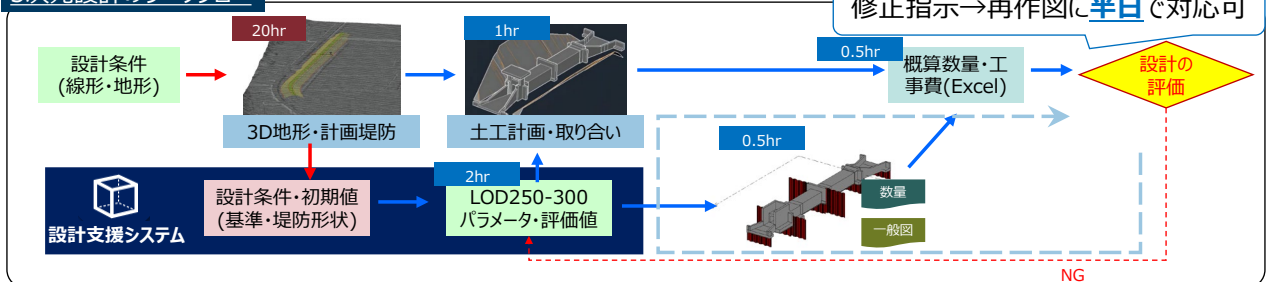


図-8 2次元設計と3次元設計のワークフローの比較

4. 結論

4.1 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および、これを実現するための設計支援システムを概説した。2章では、構造物を対象とした3次元設計支援システムのコンセプトを示すとともに、具体的なシステムの事例として、樋門・樋管の予備設計プロセスにおけるシステムの要求仕様を概説した。3章では、要求仕様書に基づき実装したシステムの内容を紹介し、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、樋門・樋管の予備設計における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設計のワークフローを3次元モデルとデータベースを中心としたデータフローに転換するために、データを管理するデータベースと、これと専門タスクを繋ぐインターフェース開発が必要となる。
- ②形状が複雑で、複雑な相関関係を持つ樋門・樋管の3次元データのパラメータを管理するための機能要件とその実装例を示した。このように対象となる構造物の特徴に応じ、データベースの設計を行っていく必要がある。
- ③外部インターフェースの例として、Civil3D および Revit、構造計算ソフトにおける開発事例を示した。インターフェース開発が可能な3D-CAD等を対象としたシステム開発により、成果品に直結するような3Dデータ活用が可能となり、業務の効率化・品質確保に寄与できる。

4.2 樋門・樋管設計支援システムの課題

樋門・樋管設計支援システムは、実務においてモニタリングをしながら、システム改良を行い、予備設計プ

ロセスにおける実用性およびシステムの信頼性を向上させているところである。

また、橋梁下部工での詳細設計プロセスにおけるシステム開発の成果を活かし、樋門・樋管においても詳細設計プロセスに向けたワークフローの拡充を進めていく予定である。

4.3 3次元設計の推進に向けて

これまでの研究開発により、橋梁下部工、樋門・樋管において、一定の研究開発成果を得られた。これらの開発においては、形状が複雑な樋門・樋管のシステムでは、橋梁のシステムより複雑なデータ管理機能を持たせているように、対象構造物の特徴にあったシステムの要件定義が不可欠である。

また、今回のようにワークフローの抜本的な改良を行うシステム開発は、開発規模が大規模となり、開発人員の確保が難しい場合や、工種により、向き不向きがあることが想定される。

3次元設計を推進し、設計を効率化・高度化するためには、図面中心から脱却し、小さくてもよいのでデータ中心としたフローを作り、それを拡大させていくことが重要であり、例えば、全体のワークフロー改善にはこだわらず、個別の関連タスクに対し、ツール開発を行い、小さなデータフローを作っていく方策等も有効と考える。

参考文献

- 1) 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
- 2) 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, 2022年6月, 国土文化研究所年次報告 20, PP32-36, http://www.ctie.co.jp/kokubunken/annual-report/pdf/2021_all.pdf

(2023. 1. 11 受付)

DEVELOPMENT OF DESIGN SUPPORT SYSTEM FOR INFRASTRUCTURES 3D DESIGN (2)

Tatsutoshi SAKAMOTO and Taiki YOSHIDA and Shun UKAI and
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 Sluiceway.

鉄道と橋梁の美しさに関するガイドライン

・ 景観デザインの研究

Aesthetic guideline for railways and bridges – research on aesthetics of infrastructure

木戸 エバ¹

¹土木博士 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

There is a gap in perception of the beauty of infrastructure between architects and engineers. In addition, there are still many stations, railways, and bridges that need improvement. This guideline summarizes research on the aesthetics of infrastructure and provides key aspects to consider in achieving beautiful infrastructure that improves people's quality of life. It introduces and explains five types of aesthetic elements (“landscape and spatial recognition”, “spatial configuration”, “spatial identity”, “aesthetic perception”, and “other factors”) with examples.

The guideline can serve as a practical, easy-to-understand reference for engineers working on infrastructure projects.

Key Words : *transportation infrastructure, technical beauty, aesthetic perception, aesthetic design,*

1. Introduction

Aesthetic design (*keikan dezain*) has been a practice since the 1980s, with many publications primarily related to bridge design. The railways were also experiencing a renaissance at the same time. Regarding bridges, publications in Japan focused on the need to preserve precious landscapes through a sensitive bridge design and the need to educate engineers-architects who can develop innovative and beautiful structures. Stations haven't been talked about as much, but new trends were noticed, especially in regards to the design of new Shinkansen stations. New stations were often inspired by local characteristics, sometimes designed by architects and developed as a part of *machi-zukuri* planning practices.

During the period of economic growth in the 1960s, infrastructure development progressed rapidly in Japan, and “economic design” became mainstream. Since the 1980s, the need for improvement has been very clear. Some researchers have proposed guidelines for the aesthetic design of bridges. They stressed that while it may not lead to the creation of works of art, it may help improve designs.

At that time, many challenging bridges were constructed in pursuit of better design, including three bridge routes connecting Honshu and Shikoku, large structures and small pedestrian bridges. In terms of railways, the design of Shinkansen stations for the new Kyushu Shinkansen, Hokuriku, and Hokkaido lines has been greatly improved. Bridges were mainly designed primarily by structural engineers, with

the participation of industrial designers. Collaboration between engineers and architects has been difficult due to different ideas about function, form and beauty, as well as different vocabularies associated with good design. Starting with Kyoto Station designed by Hiroshi Hara in 1997, many new stations have been designed by outside architects. Railway architects and engineers designed rather typical stations. Both the buildings and the interior spaces needed a lot of improvements. In the course of the “station renaissance”, the design was often improved. But there are still many examples of a lack of aesthetics in public spaces. It is possible to develop a better understanding of aesthetics in the engineering world to enable better infrastructure for future generations.

Summarizing aesthetic design research as a guideline can be a good way to disseminate aesthetic design. It is not only better from a visual standpoint, but also it is safer, more inclusive, and takes into account the country's history and beauty. The guideline is centered on transportation infrastructure. For engineering products, the value of purposeful relevance is the greatest demand. When a technical function is expressed in a refined form, beauty emerges naturally, and the “aesthetic object” is appreciated. Engineers can use the guideline for inspiration. They can also understand what to avoid in their design.

This paper introduces the subject of the aesthetic design guideline. Chapter 2 provides an overview of the research, Chapter 3 focuses on the aesthetics of transportation infrastructure, Chapter 4 introduces the concept of the guideline, Chapter 5 describes five groups of aesthetic

factors, and Chapter 6 concludes the study.

2. Outline of research

(1) Research background and scope of study

a) Research background

The research is based on past experience at the University of Tokyo and the Institute for Transport Policy Studies and on current studies. Recent research has focused on the aesthetic design elements of infrastructure and important design-related issues. From the analysis of “architectural design” and “civil engineering design”, it became clear that there is a difference in aesthetic concepts between the fields of architecture and civil engineering, and that the definition of beauty differs between architects and engineers. It was necessary to clarify the concept of “technical beauty” (*gijyutsutekina utsukushisa*) for engineers. Also, a guideline has been completed to promote and emphasize aesthetic approaches in station and bridge engineering projects.

b) The scope of the overall research

The scope includes:

- 1) aesthetics of railway stations (station buildings, elevated railways, station plazas, and art at the station)
- 2) aesthetics of architecture (airport terminals, expressway service areas, and modern steel-glass architecture)
- 3) aesthetics of engineering structures (bridges).

The scope of the guideline includes “railways and bridges” called in this study the “R&B”. The focus is on their aesthetic aspects. It contains descriptions of 58 design factors represented by 79 cases.

(2) The purpose of the guideline

The purpose of this study is to provide engineers with aesthetic design guideline on examples of transportation infrastructure with special attention to railways and bridges.

Railroads, airports, bridges, and roads include buildings and structures that are part of modern transportation and communication systems. Railway stations, bridges and other transport infrastructure, often the gateway to cities, are involved in defining the urban landscape. Most such projects require collaboration between architects and engineers. The best way to achieve a high-quality infrastructure is a process based on the design team's concept. Despite the need for collaboration, there are projects where the engineer is solely responsible for the overall design. Engineers must therefore embrace the concept of aesthetics and develop a definition of beauty. When an aesthetics approach is carried out in engineering works, that aesthetic may be felt by those who contemplate the work. When it is shared by many responders, it is perceived as objective beauty 1).

Bridge design in Japan has been inspired by aesthetic design trends of the 1980s and 1990s. Since the 1980s, aesthetics has been discussed in relation to “landscape design of engineering structures” (*keikan dezain*), such as bridges and dams. Consideration of aesthetic rules has become

highly desirable in bridge design around the world. A true international expression of 20th century bridge design was revealed in 1980 at the 11th IABSE (International Association of Bridge and Structural Engineers) Congress in Vienna. This turned out to be a decisive moment for the wider implementation of the relevant aesthetic strategy. Engineers compared bridge design to building design, noting that bridges do not provide an “enclosed space” by the boundaries of floors, walls, and ceilings, but rather organize the space and flow of space into void shapes 2). At the 1st Oleg Kerensky Memorial Conference in London in 1988, they also recognized the need to integrate architecture and engineering, presenting examples of lightweight structures with architectural and engineering origins, such as the Olympic Stadium in Tokyo 3).

Also, around the 1980s, railways and their buildings began to experience a renaissance, reflected in the development of high-speed trains and modern stations. For these new high-speed trains, new stations were built as attractive facilities to compete with airlines (e.g. Saint-Exupéry station TGV in Santiago Calatrava) 4). “Station renaissance” has developed programs that maximize the appeal of stations, with a focus on railway infrastructure. This included work on refurbishing existing major terminal stations, building and remodeling new city stations, and opening new retail outlets. It also included the renovation and utilization of stations and railroads. With this new projects, the scope of development has expanded from stations to environments such as elevated railways. Various projects utilizing the space under the elevated tracks have been realized, providing new and attractive urban facilities. The functions of railway stations in Europe and Japan have expanded beyond commercial facilities to include leisure, culture, and administration. Sensibility and aesthetic design were required to improve existing stations and design and build new ones that fit the revitalized cities.

The discussion on aesthetic design in the engineering world has touched on the subject of design manuals. German structural engineer Professor Fritz Leonhardt (1909-1999) published the book *Brücken/Bridges* in 1982, discussing the impact of building materials and arrangement on the design and aesthetics of bridge structures. He gave examples of various types of bridges 5). In Japan, a manual on pedestrian bridges (1980) was written by Professor Yoshio Nakamura and engineer Yasuji Tahara 6). Nakamura was a member of several advisory boards and author of the concept of the Haneda Sky Arch Bridge (1993). Their manual (*Utsukushii hashi no dezain manyuaru*) was published by the Japan Society of Civil Engineers in 1982. In 1996, JSCE also established a basic research committee and published several influential books on “*keikan sekkei*” for bridges, streets and rivers. Another manual authored by Professor Kazuo Sugiyama and Prof. Jiro Tajima, “The Japanese Manual for Aesthetic Design of Bridges” (1998), explained the concept of “continuity” and described the basic concept of bridge design and the key to achieving “good form” 7).

Some researchers admitted that while manuals are useful, they cannot replace the creative process of design. However, manuals can be used as a framework for aesthetic design.

In this context, the aim of this guideline is to establish the main aspects of aesthetic design as they relate to transportation infrastructure, and to illustrate specific cases on the example of railways and bridges. Engineers can use the guideline for suggestions and inspiration.

(3) Research development method and contents of the guideline

a) Research development

This research is based on existing data (literature, online resources), site inspection, and information acquired directly from railway stations and bridge designers. The deductive, top-down approach is mainly used. First, a definition of technical beauty and archetypes of transportation infrastructure (typical examples) based on the most important features of its architecture and engineering are formulated. Movement factor is the one, which is common for all transportation infrastructure. Next, the principles of aesthetic design of transportation infrastructure are proposed and illustrated with specific examples. In conclusion, a basic list of categories that must be taken into consideration is formulated. R&D steps include defining beauty, archetypes and issues; formulating a statement related to aesthetic principles; analyzing and interpreting the examples and drawing conclusions.

b) Contents of the guideline

The following elements are included into the guideline:

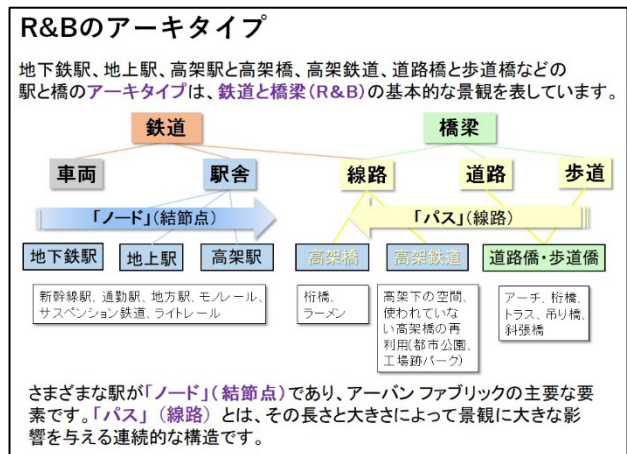
- Aesthetics of engineering works: recognition of “technical beauty”, definition of “technical beauty” (*geijutsutekina utsukushisa*) (in reference to architectural beauty).
- Aesthetic aspects of architectural (station) and engineering (bridge) design – the structure itself and its relation to the surroundings, and other external conditions; identifying aesthetic aspects of railways and bridges (R&B).
- Aesthetic design foundations (e.g., in relation to location identity, spatial awareness, semantics (e.g., design themes, vocabulary).
- General (common) and individual (separate) vocabularies/principles that reflect aesthetic aspects of station design and bridge design:
 - common vocabulary/principles, such as “building/bridge” configuration, proportion, color, texture and symbol;
 - separate vocabulary/principles, such as “building” style; function; application of advertisements and “bridge” slenderness, structural members shaping, layout curvature, abutment-girder interference.
- Examples that illustrate and substantiate aesthetic aspects and providing answers on how to approach aesthetic design.

3. The beauty of transportation infrastructure

(1) Transportation infrastructure

Transportation infrastructure can be broadly divided into four categories: roads, railways, airports and ports. It provides the means of connectivity with access points (airports, train stations, bus terminals, etc.), constitutes gateways to cities, and connects cities by rail, metro and roads. Railroads and bridges called in this study “R&B” are part of the transportation infrastructure and include nodes (stations) and paths (tracks, viaducts, bridges) (8). Elevated rail is both rail and bridge (R&B) infrastructure. Like railroads, bridges are transportation infrastructure that involves movement.

R&B archetypes, which include subway stations, ground stations, elevated stations, viaducts, elevated railways, road bridges and pedestrian bridges, represent the basic landscape of railways and bridges (Fig. 1). The various stations are “nodes” and are the dominant elements of the urban fabric. A “patch” is a continuous structure that can have a large impact on the landscape due to its length and size. The scope of the guideline includes a fragment of transportation infrastructure consisting of “railways and bridges”.



placement (structure type, size, material, color, etc.). The type of structure, through its size, color, and expression, has an impact on the bridge surroundings. Of the five main structural types (arch, beam, truss, suspension, and cable-stayed), beam bridges are the most common, while cable-stayed and suspension are the most expressive.

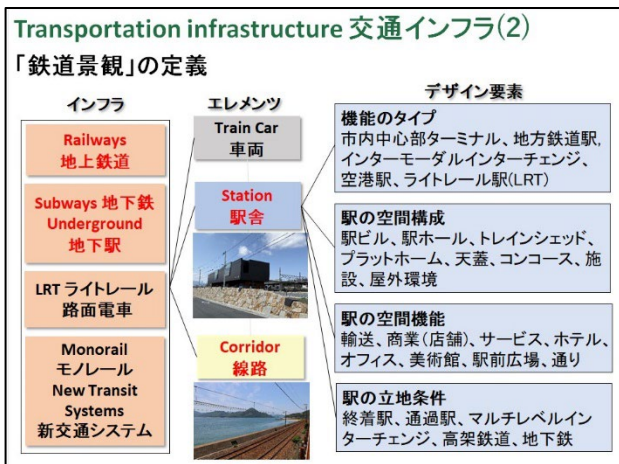


Fig. 2 The concept of “Railway landscape”

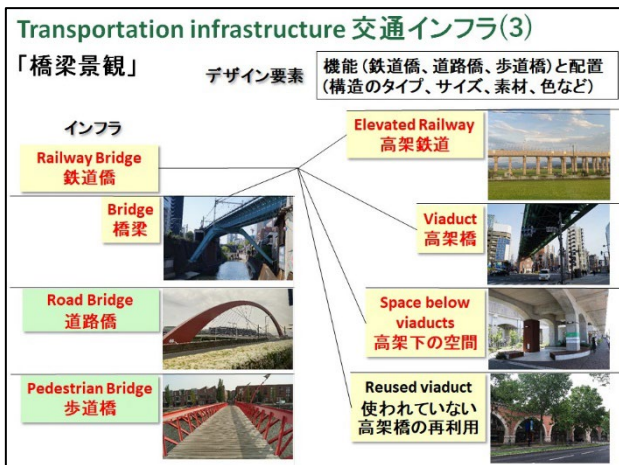


Fig. 3 The “Bridge landscape”

The aesthetic design of the infrastructure relies on the aesthetic awareness that enables the designer's creative work. Therefore, it is important to educate and train designers who are open-minded and understand various formal considerations as well as functionality. There are certain aesthetic design elements that describe the aesthetics of railway stations and aesthetic bridges. Some aesthetic aspects are common to both stations and bridges based on the general vocabulary, and some aspects are separate. The guideline analyzes these aspects in the case of railways and bridges and provides aesthetic design recommendations.

(2) Definition of “beauty” in relation to infrastructure

a) “Beauty”

In English we have the words “aesthetics” and “beauty”. “Aesthetics” means “*bigaku*”. In other words, it is a “philosophy of beauty”. It is related to fields such as art and architecture. “Beauty” is what is

commonly called “*utsukushisa*” in Japan. “Beauty” is a perfect combination of shape, color, form, etc. that satisfies the aesthetic sense, especially the sight and mind. It is a subjective experience of pleasure and satisfaction.

Many unique aesthetic concepts were developed in Japan, including the concept of simplicity or “*ma*”. *Ma* refers not only to negative space, but also to the perception of intervals that don't necessarily require a physical component. “*Wabi-sabi*” is a view of world that values the acceptance of transience and imperfection. Such an aesthetic sense should be inherited even today and present in modern Japanese architecture and civil engineering works.

b) “Technical beauty”

Architectural design addresses aesthetic values. Civil engineering is more concerned with the function of a structure than with its appearance. However, there is also a trend of the aesthetic design of civil engineering structures (*keikan design*). The best engineering works represent the “art of structural engineering”. However, in general, the infrastructure design could be improved. The Shimotsui Seto Ōhashi Bridge (part of Honshu-Shikoku bridges) is a spectacular example of civil engineering (Fig. 4). The design exemplifies visual coordination, conceptual symbolism, and efficient functionality (it is a two-story road-rail suspension bridge). The quality of beauty related to infrastructure such as bridges and railways can be called “technical beauty”.



Fig. 4 Shimotsui Seto Ōhashi (1988)

“Technical beauty” or “civil engineering beauty” is the aesthetic concept behind the creation of technical products. “Technical beauty” contributes not only to the beauty of appearance but also to the usefulness of engineering works. Design for a specific function expresses the usefulness of beauty. Civil engineering is capable of producing extraordinary works, which can reach the level of the works of art. In the field of structural engineering, David Billington (1927-2018), who pioneered the field of structural art, established the “3E” principle for the beauty of engineering. The first “E” stands for “efficiency” or minimal use of materials. The second “E” stands for “economy” or minimum cost. The third “E” stands for “elegance” and

means maximum expression. There are many examples of the works of engineering that achieved the level of “art of structural engineering” 9). For example, the design of Shimotsui Seto Ōhashi exemplifies the concept of “3 E”.

“Technical beauty” refers to the rationality and functionality and the nature of human reaction that appeals to the “human hearts”. Gestalt psychologists emphasize that humans perceive the entire pattern or composition before analyzing individual components. Gestalt is particularly reflected in industrial design, whose creators want to achieve a comprehensive product “designed as a whole” 10). In architecture and engineering, such adjustments are called “total design” or “integrated design”. Such harmonious design is the goal of aesthetic design of infrastructure.

(3) Aesthetic design and its perception

The beauty of bridges and station buildings, structures and art is subjective. So, how do we define infrastructure as “beautiful”? Beauty consists of visual and emotional components [1].

a) Among the objective – visual qualities are: size, scale, space, proportions, form and shape, visual weight, color, pattern and texture, daylight and lighting, composition: balance, unity, harmony, and duality, movement and rhythm, flow of space, total design, etc.

b) Subjective – emotional response includes the following emotional elements: subjective response to scale, space and form; subjective response to texture, color, and light; feelings of physical security and safety (structural stability); visual order and disorder, harmony and contrasts, simplicity and complexity; associations, and nostalgia, sense of place, intention of designer, meanings and symbols; etc..

Beauty can therefore be judged and measured by human perception. Objective factors allow classifications. Subjective factors allow comparisons. Subjective factors influence different reactions to infrastructure design.



Fig. 5 R&B aesthetic factors

(1) The concept

The guideline is based on various aesthetic factors associated with the R&B archetypes and consist of examples that demonstrate the relevance of such factors, as well as and examples that illustrate the lack of such aesthetic considerations (examples that should be avoided) (Fig. 5). Examples in this work are selected from both Japanese and European (preserved historical and contemporary) buildings and structures. The explanations are general and the examples are only to illustrate the specific issues.

The compilation of the guideline involved the following step that characterize the concept of the aesthetic guideline:

a) Selection of factors related to railway and bridge archetypes, their location and spatial arrangement, such as: ground station, metro station, elevated station, viaduct, elevated railway, road bridge (elevated road), and pedestrian bridge.

b) Selection of characteristic locations: ground level GL, below the ground level and above the ground level), and forms – configurations that include “node”, “path”, and “district.”

c) Selection and analysis of elements that compose beauty includes: I. Landscape and spatial recognition (view), II. Spatial configuration (shape, arrangement and materials), III. Spatial identity (uniqueness of place, design theme), IV. Elements related to aesthetic perception (visual and emotional), V. Other factors of aesthetic design.

- Factors related to landscape and spatial recognition (I) include location in the landscape and views.
- Factors related to detailed spatial configuration (II) include basic form and arrangements. Spatial configuration and arrangement vary by shape, material, color, and size. For train stations, it consists of entrances, halls, concourses, and platforms. For bridges, it includes substructure (piers) and superstructure (girders, towers, etc.).
- Factors related to spatial identity (III) include spatial components and their materials. Spatial identification factors such as location (urban, regional, or rural district), function, and their nodal or linear features (in the case of bridges) contribute to the originality of the infrastructure.
- Visual and emotional aesthetic factors (IV) are related to perception and the way users perceive infrastructure.
- Other factors of aesthetic design (V): implementation of function, brand design, advertisements and signs, public art, greenery, barrier-free, etc. Modern stations are usually multifunctional. Bridges have one main function of carrying loads. Greenery is incorporated into station buildings, plazas, and elevated railways. Bridges usually have greenery in the bridge-end-plazas. “Green infrastructure” contributes to the “human-oriented design” of infrastructure. Art, graphic design, signs, etc. are essential to a beautiful railway. Good signage and art also make the bridge look

4. The concept of the guideline

(appearance) better.

- d) Identification of common language and individual language systems for spatial arrangement of railways and bridges.
- e) Selection of cases; determination of strong and weak aesthetic values.

(2) The application of the guideline

These factors were analyzed for each type of railway and bridge. They are summarized in a table showing particular aspects and examples. The transportation infrastructure included into the guideline are six groups of stations and bridges: ground station, subway station, elevated station, viaduct, elevated railway, road bridge (elevated road), and pedestrian bridge. The guideline consists of five categories of aesthetic aspects covering the aesthetic quality of infrastructure and its relationship to the surrounding landscape. By selecting a category and group, it is possible to see specific cases. In some cases, there are multiple examples. The description includes aesthetic design aspects and advice on how to consider these aspects. First there is a general formulation of the aesthetics for the particular case (top of the page) and later a more detailed observation (bottom of the page). For better understanding, “examples that should be avoided” are also given.

種類	鉄道		鉄道・橋梁		橋梁	
	地上駅	地下鉄駅 地下駅	高架駅	高架橋 高架鉄道	道橋	歩道橋
美しさを構成する要素						
I 風景と空間認識(眺め)の条件	1 駅舎・プラットフォームの眺め 2 駅舎・プラットフォームからの眺め	3 駅入り口・プラットフォームの眺め 4 駅入り口・プラットフォームからの眺め	5 駅の眺め 6 駅からの眺め	7 橋の眺め 8 橋からの眺め	9 橋の眺め 10 橋からの眺め	11 橋の眺め 12 橋からの眺め
II 詳細な空間構成(形状配置と材料)	11 駅舎回廊・建物 16 ホール、コンコース 17 プラットホーム 20 駅前広場	12, 15, 16, 17, 20	11, 14, 16, 17, 20	13 シルエット10, 下部構造・橋脚(柱)・橋台、支保、屋蓋19 上部構造・桁、アーチ、ケーブル、橋干の壁、高欄21 広場、道端	13, 16, 19, 22 橋柱・橋脚	15, 16, 18, 22, 橋柱・橋脚
III 空間的アイデンティティ(場所の独自性)…**ディストリクト・ゾーン(結核点)・バス(線路)	23 地方駅(スカーペル・ゲート)24 地方駅27 幹線駅 ※ 中央駅25 アーバン・センター23 幹線駅					
IV 視覚要素及び感情的要素	38 駅のサイン・ステーション					
V その他のデザイン要素(構造的な要素、イメージの活用、ユニバーサルデザイン)	55 駅の線路の分佈 56 駅のイメージの形成					

Fig. 6 The guideline table

The columns of the right side of the guideline table contain the types of transportation infrastructure, on the left side the aesthetic factors. For example, by selecting the archetype of “ground station” on the right side of the table and choosing “Factors of landscape and spatial recognition” on the left part of the table – two cases can be found: 1. “View of the station building/platform” and 2. “View from the station building/platform” (Fig. 6).

5. Characteristics of five parts of the guideline

(1) Spatial location and landscape

Nowadays, landscape is understood as a comprehensive system. A

holistic concept of a landscape is based on the interrelationships between biotic and abiotic components, as well as human influence factors. It sees the landscape as a system of interdependent subsystems with elements managed for environmental and human well-being. The holistic approach is also the basic idea for planning in the light of sustainable landscape development.

Archetypes of respective environments (or landscapes) include urbanscape (which can be homogeneous or heterogeneous) and natural – or open environment. External appearance – the boundary that divides interior and exterior in architecture is vital because it determinates the characteristic of the townscape. In the past, streets in Japan and Europe were lined with similar type of buildings and townscape was somewhat homogenous. Infrastructure designed in line with characteristics of the urbanscape contributes to the homogenous appearance of the townscape. Nowadays however, townscapes in Europe and Japan have undergone drastic changes and townscape has become heterogeneous. Building materials are not limited to local products. Mixed façades are made of concrete, glass, metal and aluminum panels, and ceramic tiles. The streets are full of sales and advertising banners, plastic flowers, storefronts with bargain stalls, and elevations with billboards. The signboards cover the entire buildings. This protruding temporary ephemera is known as the “secondary profile” 11). The purpose of the aesthetic infrastructure is also related to the restoration of the “primary profile” which displays the true quality of architecture and engineering. This refers to the relation to location, the quality of architecture and engineering, especially the view of a particular infrastructure, and the beauty of view from that infrastructure (for example at Obasute Station).

Regarding the spatial identification of railways (ground level, below and above the ground), it is necessary to consider the scenery of the station building and platform, and the view from the building and platforms. For subways and underground stations, important aesthetic considerations include station entrance and platform views, and the views from the station entrance and platforms. Elevated railway and railroads are challenging in terms of their visual impact on the cityscape and the natural environment (Fig. 2). When planning and designing transportation infrastructure in various valuable sceneries, it is necessary to consider aesthetics of their forms and views.

Factors that influence the view of the bridge include proportion, order, refining of form, integration into the environment, texture, color, complexity, clarity of function and incorporation of nature. Good proportions and a sense of order create a harmonious bridge structure. For the relationship between the bridge and its surroundings, the keyword is “harmony” (Fig.7). Infrastructure, including engineering structures, must be in harmony with the surroundings and consider the context of their design 12). The structure should take advantage of the terrain and form one homogeneous unit. Appropriate structures need to be applied to combine aesthetics and technical efficiency. For example, in an impressive location, the bridge should have a similarly impressive

central span. Usually, an arch or a cable-stayed structure should be used (e.g., Salginatobel Bridge designed by Swiss engineer Robert Maillart). In slope location, it is better to use a balanced structural systems, without striking sections, so as not to dominate over the landscape 13).



Fig.7 Obasute Station (1934, 2011)



Fig. 8. Shimoyoshida Station (1929, 2009)

(2) Spatial configuration

Configuration of infrastructure depends very much on the location. Design should be determined by the surrounding landscape. Basic factors of spatial configuration include the arrangement of form, in response how people perceive them. Buildings are recognized and seen in the urban landscape by their outlines – elevations (facades), bridges also by their outlines – silhouettes. Clear facades with harmonious composition can be easily harmonized with their environments e.g., Shimoyoshida Station, Fig. 8). Designers should envision bridges with clear forms and a light and stable appearance. The quality of stations, elevated railways, and bridges is expressed by their style, space, materials, and functions (e.g., of the space under the elevated tracks).

Buildings and bridges are also judged in consideration of the external environment such as plazas and streets. The squares around the stations are popular spots in the city. They are public places and serve cities as well as railways. They should provide a convenient approach to the station. The plaza is also an important urban square that can be used by

the local community for various purposes. Station plazas and plazas around bridge ends provide space, greenery, and recreation in busy urban areas, and may play an important role in disaster prevention.

(3) Spatial identity

Spatial identity varies by location. Infrastructure design that considers the characteristics of the region is necessary. This is an effective way to attract the attention of local residents and connect users with infrastructure projects. Also, the design becomes more valuable and meaningful by expressing the locality. Choosing local materials is a particularly effective tool in establishing a connection between a new structure and its surroundings (e.g., Nagano Station, Fig. 9). Materials are also a valuable inspiration, as can be seen in Kengō Kuma's architectural work.



Fig. 9 Nagano Station (2015)

Along with the urban development, the construction of new high-speed lines and the activation of the planning roles of local towns, new types of railway stations developed in Japan 14). Such types, “station-city”, “station-tower” and “station-gate” have been included in the guideline in regard to their location and role. The guideline considers “district” locations, “nodal” (node) locations, and “linear” (path) locations. A “district” refers to all local characteristics that influence the surrounding landscape and city, creating a spatial identity. The “station-gate” presents a particular spatial identity due to its outstanding architecture. Design themes for bridges, station plazas, and station buildings can also express the “uniqueness” of the place. A “node” considers the central impact of the infrastructure on its surroundings and its identity. For example, stations with excellent scale and shape, such as “station cities” (large-scale, multi-functional urban facilities) and “station towers” (high-rise buildings that stand out), are important urban nodes. Also, some unique bridges are sometimes recognized as symbols, and such symbols serve a nodal function in urban and natural landscapes. Some bridge projects can create a “linear” spatial relationship with the landscape. The “paths” also express the movement of people and the way people perceive the environment. Envisioning the role infrastructure should play is part of conceptual design, involving aesthetics.

(4) Visual and objective factors

Human perception, which allows objective evaluation, is based on specific factors such as size, scale and space, proportion and shape, visual weight (due to material choice), color, pattern and texture, daylight and lighting, composition, etc. For example, a substructure that is visually distinct from the superstructure gives the bridge structure a distinct and pleasing appearance (Fig. 10).



Fig. 10 Viaduct for Chūō Line at Tokyo Station (2000)

Infrastructure design must also consider subjective factors related to individual reactions to particular architectural and structural forms. These elements include subjective response to scale, space, and form, texture, color, and light; feelings of physical security, visual order and disorder, simplicity and complexity, associations, sense of place, meaning and symbols; etc. Complex structures, for example, can be chaotic or overly decorative. However modern bridge design can deviate from classical notion of order. They should be expressive and have a challenging composition, but at the same time be credible (Fig. 11).



Fig. 11 Erasmus Bridge (1996)

(5) Other factors

There are plenty of other factors that need to be considered to achieve an aesthetic design. They include the implementation (distribution) of the function (separation); practical application of image-based elements to carry out brand design; application of advertising and signs;

implementation of public art, incorporation of nature into architecture and structures; application of barrier-free design.

a) Distribution of functions

In the process of the station's evolution, features such as retail stores, hotels, restaurants, and leisure have been added. Advertising is commercially motivated, but commercial functions are primarily performed by station shops and train services. It provides convenience for passengers and visitors and generates revenue for rail operators. Non-transport features should be implemented carefully. Commercial functions must be clearly separated from transportation. Shops, kiosks, cafes, and other facilities should be located at the ends of the station hall (horizontal separation of functions) or on different levels outside the traffic flow (vertical separation of functions). The best idea for separating functions in large stations is a vertical arrangement, where commercial floors are placed above and below transportation (e.g. Leipzig Hauptbahnhof, or St Pancras International, Fig. 12). The selection of specific functions combined with attractive arrangements is of paramount importance in the urban and transportation regeneration projects involving the use space under the railway tracks (15).



Fig. 12 St Pancras International (2007)

b) Application of brand design

Similar to the proper implementation of functions, brand design can improve the quality of railways and influence the aesthetic design of bridges. A brand image is a set of unique associations that form a brand's perception in the minds of its target customers. A brand image is perceived by consumers and is driven by the brand identity that develops from the source or company. Brand image includes product attractiveness, usability, functionality, name recognition, and overall value. In the case of railways, brand image is associated with a particular location (station) and services associated with rail travel. In a visual sense, the image of the railway is represented by the company's logo and corresponding visual design (e.g., "Art Nouveau" entrances of the Paris Metro or "DB" logo at Deutsche Bahn stations, Fig. 13). The art and illumination of stations, bridges, and bridge plazas also serve as a

source of brand identity and raise awareness of the brand image. For bridges, choosing a more demanding structure with more aesthetic appeal (sometimes more expensive), can promote also the contractor's brand.



Fig. 13 Bahnhof Potsdamer Platz (2001)



Fig. 14 Ginza Station (1934, 2020)

c) Implementation of signs and advertisements

Signs and advertisements are part of the visual design and, like any other visual element, must be coordinated at the stations. Station signs are also part of the interior design and can even contribute to its beauty (Fig. 14). Their visibility largely depends on the integration of station space. Spatial design quality reduces the need for directional signs. Well-designed signs are systematic, coherent, ergonomic (well-adjusted to human scale), visible (well calibrated to human perception), and well-distinguishable from other station graphics (advertisements). Station and bridge signs should not obstruct the view. Advertisements are commercially motivated and unavoidable, but when well designed, they can also be an asset to a station's design. The rule is that advertising is part of the design concept. Advertisements can increase the value of a station's image by associating it with healthy lifestyle products, travel, culture, etc. Aesthetic aspects of advertising include size, placement, quality of materials, references to local materials, theme, number of advertisements and clear distinction from signs. Advertisements should

not be placed on bridges.

d) Implementation of art

Art is human creativity (visual art, auditory art, or performing arts) and is valued for its beauty. Art does not have a very strong physical (engineering or commercial) function, but it draws people into the spatial dimension of quality infrastructure. In fact, art can also be a tool for community and urban development. Public art can be a leader in improving quality of life. Public art is used in a variety of transportation modes, including train stations, bus terminals, light rails LRT, and airport terminals. The art experienced at the station is perceived primarily in motion. That aspect of space-time is reflected in the term "art in transit", which is an artistic activity in a transportation facility. Station users walking through the station can be "guided" by artistic installations, illuminations and other works of art. The most popular arts at the station are painting, sculpture, relief, stained glass, photography, installations, and illumination. In terms of music and performing arts, train melodies, music ("station-piano"), concerts, and theatrical performance are popular. Regarding the use of art, efforts are being made to incorporate art from various angles, including "station-arts" 16) (Fig. 15). The bridge-ends plazas are also suitable place for urban art. Such art must be coordinated with the design of the bridge and its surroundings.



Fig. 15 Uno Station (2016)

e) Incorporation of nature into infrastructure projects

Incorporation of nature into design is part of general efforts to protect the environment. When greenery is valued, the urbanscape and "quality of life" (QOL) improves. The introduction of better technology and better station design also embraces more station greenery such as "green walls" or "vertical gardens" for connecting corridors and platforms, and rooftop gardens. Greenery is also maintained on the bridges and at the bridge-ends plazas.

f) Adoption of barrier-free design

People's lives were also improved by the introduction of barrier-free (universal) design. Universal design embraces all users and provides facilities that are accessible to everyone. Accessibility means a

convenient, step-free approach for people with visual, mobility or other disabilities. Transparent materials, such as glass contribute to better clarity of spaces. At present, stations, bridges, and their surroundings are becoming barrier-free, with escalators, elevators, signs for the visually impaired, adjustable toilets, and various verbal announcements. Improving accessibility is also related to improving interior and street design. In fact, universal design considerations bring higher standards, functionality and visual appeal to realized infrastructure projects.

6. Conclusions

The aesthetics is considered in relation to archetypes of transportation infrastructure, its location in the landscape, composition, and its relationship with the users.

This manual focuses very much on “views”. This is because the infrastructure is viewed by people and works for the benefit of the users. Both “view” and “function” should be beneficial to people. There are many other aesthetic factors to consider as well. In the next stage, the aesthetics of railways and bridges is analyzed in terms of spatial composition, spatial identity, elements of visual and emotional perception, and other design elements. Aesthetic requirements are less obvious than functionality, but they are equally important. Good design is the effect of creative work and should be based on objective aesthetic factors. There are also subjective factors that contribute to design diversity. Subjective reactions include for example fear and discomfort in crowded train stations, high-altitude expressways, and under long overpasses.

To satisfy “human-oriented design”, aesthetic design should focus on the user rather than the structure. As a result, the structures will feel pleasant and not overwhelming. Given the various elements of aesthetic design and the wide range of transportation infrastructure illustrated with photos and descriptions, the guideline can be a useful reference for aesthetic design.

The guideline shows 79 cases and can still be developed to include more examples and more detailed factors. In the future, the impact of

aesthetic design of specific structural types of bridges should also be investigated. The research of infrastructure aesthetics, already influencing the design of stations and bridges, has resulted in several improvements and should continue.

参考文献

- 1) Holgate, A.: *Aesthetics of built form*, Oxford University Press, Oxford, New York, Melbourne, 1992.
- 2) Slater, R. E.: Bridge aesthetics, *Proc. 11th Congress IABSE*, Zurich, pp.115-120, 1980.
- 3) Happold, E.: Tensile building development, *Proc. 1st Oleg Kerensky Memorial Conf.*, Session 3, pp.15, 1988.
- 4) Thome, M.: *Modern trains and splendid stations: architecture, design, and rail travel for the twenty-first century*, Merrell Publishers, 2003.
- 5) Leonhardt, F.: *Brücken / Bridges*, MIT Press, Cambridge, 1982.
- 6) Nakamura, Y., Tahara, Y.: On the manual for aesthetic design of bridges, *Proc. 11th Congress IABSE*, Zurich, pp.101-109, 1980
- 7) Sugiyama, K. and Tajima, J.: Japanese manual for the aesthetic design of bridges, *Journal of the Transportation Research Board*, Vol. 1624, No. 1 pp. 47-53, 1998.
- 8) Lynch, K. (1960): *The image of the city*, MIT Press, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts, and London.
- 9) Billington, D.: *The art of structural design: a Swiss legacy*, Princeton University Art Museum, Princeton, New Jersey, 2003.
- 10) Ōno, M.: Beginning of civic design, *Civic Design Report*, Cronos, 1990.
- 11) Ashihara, Y.: *The Aesthetic Townscape*, MIT Press, MIT, Cambridge, MA, 1983.
- 12) Nakamura, Y. Kubota, Y.: Pedestrian bridges in the city, *Bridge aesthetic around the world*, Transportation Research Board, Washington DC., pp.137-146, 1991.
- 13) Billington, D.: *The art of structural design: a Swiss legacy*, Princeton University Art Museum, Princeton, New Jersey, 2003.
- 14) Kido, E.: New stations in Japan reflecting new age, *World Engineering Conference and Convention (WECC) Kyoto 2015 Abstract Book*, PS 5-1-5, CD-ROM (full version), 2015.
- 15) Kido, E. M. (2019): Aesthetic design and use of space under the elevated railways 「高架鉄道景観デザイン並びに鉄道高架下の空間利用」、土木施工.4(60), pp. 116-120.
- 16) Kido, E. M. (2021): The potentials of aesthetic infrastructure – art and culture at the railways 「鉄道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, Tokyo.

(2022. 12. 20受付)

鉄道と橋梁の美しさに関するガイドライン・景観デザインの研究

木戸 エバ

建築家と技術者の間では、インフラの美しさに対する認識にギャップがあります。また、改善が必要な駅や鉄道、橋梁もまだまだたくさんあります。土木には美しい構造物の歴史があります。土木の見地からの「技術的美しさ」は、見た目の美しさだけでなく、土木工学の有用性にも貢献しています。

このガイドラインは、インフラの景観デザインに関する研究をまとめ、人々の生活の質を向上させる美しいインフラを実現するために考慮すべき重要な側面を提供します。5種類の美的要素を紹介し、説明しています: 「風景と空間認識(眺め)」、「詳細な空間構成(形状、配置と材料)」、「空間的アイデンティティ(場所の独自性、デザインテーマ)」、「視覚要素及び感情的要素」、及び「その他の美的要素(機能の分布、ブランドデザイン、広告、サイン、アート、および自然)。美的アプローチは、多くの例で説明されています。

このガイドラインは、さまざまなインフラプロジェクトに携わる技術者にとって、実用的でわかりやすいリファレンスとして役立ちます。

VRを活用した観光コンテンツに関する研究

和田 亨¹・新山 悠紀²・二階堂 竜司³・松田 光弘⁴

¹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@gp.ctie.co.jp

²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@gp.ctie.co.jp

³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

⁴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

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、日本橋に関するメタバース空間を作成することでこれまでの日本橋活動のアーカイブ化を行うとともに、メタバース空間の作成方法、メタバース空間内の3Dモデルの設置・共有方法などのVRに関する基礎技術を習得するものである。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VR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 : Virtual Reality, metaverse, 3Dmodel, Nihonbashi, VRChat

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¹⁾。VR技術は、観光、ゲームなど様々な分野で活用され始めている。また、「メタバース」というインターネット上の仮想空間が注目されており、今後さらなる社会への浸透とビジネス利用等が各業界で模索が進んでいる技術である。

本研究は、日本橋地域での活動で蓄積した知見をVR等技術を活用して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VR技術のノウハウを社内に蓄積するとともに、将来的に既存業務(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のフローのとおりである。まず、VRを用いた業務効率化に関するツールの体験・共有であり、VRを活用することで、生産性を高めるとともに、労働時間短縮が期待できるツール等を探すものである。

なお、現時点で効率化が期待できなくても、今後期待できるツールを含むものとした。

さらに、日本橋に関するメタバース空間を作成し、その空間を一般公開することで、これまでの日本橋の活動のアーカイブ化と企業価値の向上が可能と考えられる。BIM/CIM等の3Dモデルの需要が高まるなか、受注者・発注者などの関係者でイメージ共有するための知見や、メタバース空間での展覧会・研修などで今後需要が増える可能性があることを踏まえてその基礎的な技術を習得する。

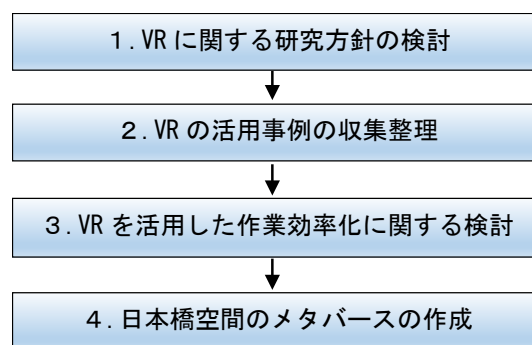


図-1 検討フロー

2. VR技術の概要

VRに関する研究を示す前に、ここではVR技術の概念の概要を以下に示す。

(1) VR技術の概要

VRは、VRゴーグルを装着することで、時間・場所の制約を受けず、実体験に近い体験が可能である。その仕組みは図-2のとおりである。なお、PCでもVRの動画を閲覧可能なものもあるが、VRゴーグルを使用する場合と比べ、没入感が劣る。

また、VR映像は、3D映像を見るだけの「視聴型」と映像内を自由に移動や対象物に触れられる「参加型」がある。さらに、図-3に示すように、バーチャルである「VR動画」と現実世界の「360度動画」がある。

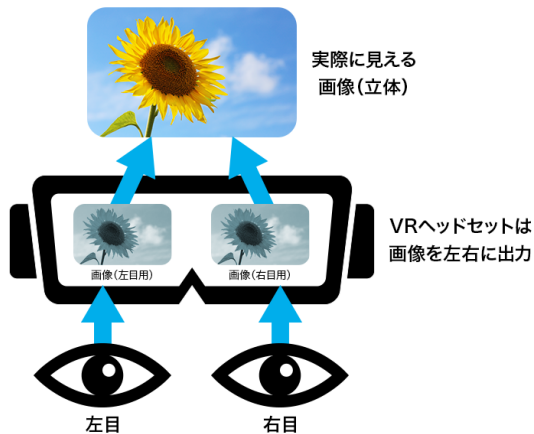


図-2 VRの仕組み²⁾

【VR動画】



【360度動画】



図-3 VR映像の種類³⁾⁴⁾

(2) VRとメタバースの定義

VRとメタバースは混合しやすいため、ここではそれらの定義を示す。

VRは、1人の人間が仮想の映像や空間などを体験できるデバイスや技術であり、手段を表す。一方、メタバースは、インターネット上の仮想空間のことであるため、他のユーザーとアバターを用いて交流できる。メタバースの構成要素としては、バーチャル空間、人間（アバター）、メタバース空間上の社会システム（規律）である。

近年、メタバースが注目されている理由としては、VR技術や関連技術（ブロックチェーン技術を用いたNFT等）の進化、ネットワークの高速化やVRデバイスの進化（小型化、安価）、2019年に新型コロナウイルスが登場したことで、オンラインコミュニケーションを重視する流れの加速、2021年にフェイスブックが「Meta」に社名を変更しメタバースに注力することを表明したなどの情勢の変化がある。

3. VRの活用事例の収集整理

(1) 建設業界でのVR活用事例

建設業界では、VRの活用により、イメージの共有、時間やコスト削減、安全性の確保、業務効率化が期待されている。

使用事例としては、図-4に示す橋梁点検の研修・教育（CTIの事例）、図-5に示す整備した施設のVR画像、図-6に示す浸水被害の体験などがある。これらは、主に「研修・教育・体験」、「イメージの共有（円滑なコミュニケーション）」として用いられているものである。また、施工に関しては、オフィスにいながら、現地の重機を操作する方法も開発中である。

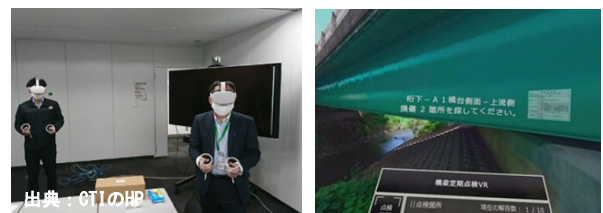


図-4 橋梁点検の研修・教育⁵⁾



出典：西松建設HP

図-5 地下鉄の内装後のVR画像⁶⁾

(2) 他業界での VR 活用事例

建設業界では、表 1 に示す VR の活用事例を確認できた。具体的な活用事例としては、メタバース空間内での仕事のマッチングサービス、VR による現地の遠隔視察、バーチャルオフィスによるリアル以上のコミュニケーションの促進、メタバース空間でのショッピング（図-7）、メタバース空間でのライブ（例えば、ジャスティンビーバーが実施）、ゲーム（あつまれどうぶつの森）、メタバース空間の不動産売買などがあった。



図-6 浸水被害の体験⁷⁾

表-1 各業界の VR の使用方法

分類	使用方法
医療	緊急医療の現場体験
不動産	物件の内覧
観光	旅行体験
小売	買い物
娯楽	ゲーム(あつまれどうぶつの森など)
イベント	ライブ、美術展
全般・その他	VR会議やバーチャルオフィスによるコミュニケーション
	研修体験
	現地体験
	仮想空間の売買
	メタバース内での仕事のマッチング



図-7 伊勢丹のメタバース内のショッピングの例⁸⁾

4. VRを活用した作業効率化に関する検討

(1) VR 会議

VR を用いた作業効率の向上を目的として、複数の VR 会議を体験した。図-8 は Meta 社の「Horizon Workrooms」を用いた VR 会議の事例である。なお、他にも体験した VR 会議は、後述する、VRChat, cluster, vSpatial などである。

Teams 等の会議と比較したメリットは、臨場感がある、声がかぶっても問題なく複数人で話がしやすい、顔が見えないので意見を言いやすいというメリットもある。一方、デメリットは、専用のゴーグルが必要（PC でも実施可能）、ゴーグル装着の不快感や VR 酔いする場合があるなどがある。

手軽さを考えると現状では Teams の方が利便性が高いと思われるが、今後は Teams でも VR 会議が可能な「Mesh for Microsoft Teams」が利用できるようになる予定であるため、そちらの VR 会議が主流になる可能性がある（現状は PC での利用はできず、hololens を利用する必要がある）

(2) VR ゴーグルを用いた効率化ツール

VR 会議機能に加え、PC 作業の作業効率化を図るツールとして図-9 に示す「vSpatial」がある。

パソコンと VR ゴーグルを連携させることで、360 度に作業画面を設置可能で、さらに別の人と会話や作業画面を共有できる。現状は、長時間の VR ゴーグルの装着は疲労感があるが、VR ゴーグルの小型化と普及が進めば、作業効率化として期待できるツールと考えられる。



図 8 Meta 社による Horizon Workrooms を用いた VR 会議

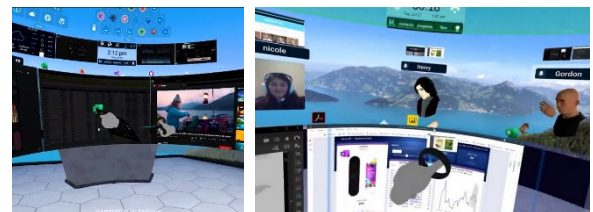


図-9 vSpatial を用いた作業状況⁹⁾

5. 日本橋空間のメタバースの作成

(1) 使用するソーシャル VR

メタバース空間を作成するには、既存のメタバースのプラットフォーム（ソーシャル VR）を利用する。

図-10 のとおりソーシャル VR は複数存在するが、地域に関わらず最も利用されているのは「VRChat」、日本で人気のあるのは「cluster」（日本発のソーシャル VR）であり、どちらも無料で利用可能である。

本検討では、VRChat と cluster をベースに、両方を実際に使用したうえで本研究に使用する VR アプリを選定することとした。

VRChat と cluster を体験したうえで機能を比較した結果を表2、それぞれの使用例を図-11 に示す。

業務利用を視野に入れた秘匿性を考え、ワールド（仮想空間）を限定公開可能である「VRChat」を用いることとした。（これにより、作成した VR 空間を受注者・発注者間のみで共有できる）

なお、VRChat の使用方法は、別途手順書として取りまとめたため、使用する方は必要に応じて参照いただきたい。

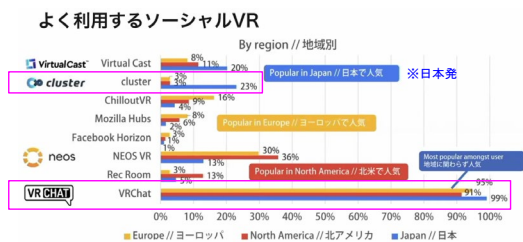


図-10 よく利用されているソーシャルVR¹⁰⁾

表-2 VRChat と cluster の比較

項目	VRChat	cluster
ユーザー	○ 最も多い	△ 日本人は比較的多い
言語	△ 英語	○ 日本語(日本発のvrアプリ)
ワールド (VR空間)	○ 40人(同じワールドを複製可能)	○ 25人(イベントは500人)
PDFや動画の共有	△ カスタマイズで利用可能	○ デフォルトで利用可能
ワールドの公開	○ 限定公開可能	× 一般公開のみ
3Dモデルの組み込み	○ Unityと連携可能	○ Unityと連携可能
費用	○ 原則無料(有料オプションあり)	○ 原則無料(有料イベントあり)
PC利用	○ 可能	○ 可能



図-11 VRChat (左図) と cluster (右図) の使用例

(2) 作成方法（構築環境）

日本橋メタバース空間は、図-12 に示す流れで作成した。具体的には、Blenderで3Dモデルを作成し、それをUnityで読み込んだうえでVRChat上の様々な設定を行う。

Blenderによる3Dモデルの作成例は図-13のとおりであり、室内空間、展示会場、橋など、任意の3Dモデルを作成可能である。なお、BlenderもUnityも無償利用可能である（Unityは条件によっては有償になる場合がある）。

また、必要に応じて、BOOTH (<https://booth.pm/ja>) 等で公開されている無償・有償のパーツを利用すれば、3Dモデルの作成やUnityでの設定の手間を短縮できる。

なお、これらの作成方法は、手順書として別途取りまとめたため、使用する方は必要に応じて参照いただきたい。

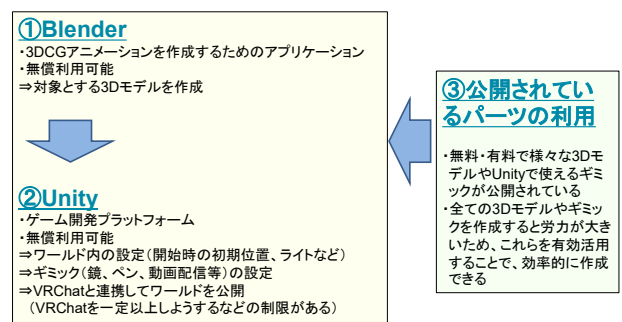


図-12 日本橋メタバース空間の作成方法

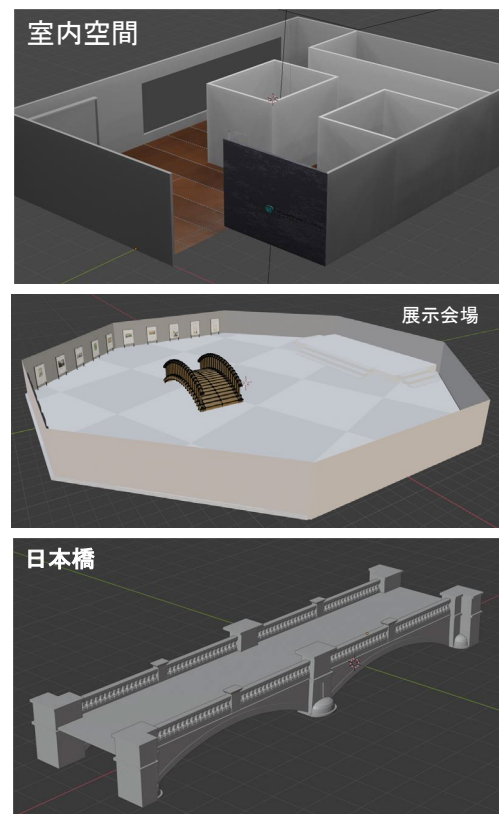


図-13 本研究で作成した3Dモデルの例

(3) 日本橋空間のメタバース

以上を踏まえ、作成した日本橋空間のメタバースを図-14～図-15に示す。ワールドに入った際の初期の空間では、日本橋舟めぐりのルートとそのルート上にある代表的な4橋の位置と看板がある。その看板に触れれば、各橋の上に移動できる。また、初期空間では、昨年研究の成果であるARアプリ「マチカシ」の宣伝も行っている。

舟めぐりでは、各橋が観光地の名所になっており、このメタバースでは、その各橋の上を散策できる。また、それぞれの橋には、橋の説明も記載している。

本研究では、日本橋空間を対象としてメタバース空間を作成したが、VR技術を用いれば、メタバース空間での3Dモデルの共有や施設整備後の状況の把握などが可能である。なお、本研究では施設（橋梁）の上からの状況であるが、メタバースの作り込み方によっては、施設が整備した場合の状況を遠景で確認することもできる（その場合は、整備する施設に加え、周辺施設の3Dモデルも作成が必要である）。

6. VR技術の水平展開

本検討で実施し、習得した基礎知識・技術に関して、VRChatの使用方法、BlenderおよびUnityを使用したメタバース空間の作成方法などを、別途手順書として作成した。本研究と類似のことを実施する場合は、参考にさせていただきたい。

また、2022年11月11日には、技術本部と合同でメタバースセミナーを開催した。当日参加者が290人、アーカイブ視聴者が100人（2022年12月9日現在）であり、多くの社内関係者にメタバース技術の基礎や事例を伝えることができた。

7. おわりに

本研究では、これまでに日本橋に関する取り組みのアーカイブ化とVR技術の知見を深めるとともにCTIグループ内での水平展開を目的として、(1)VRを用いた業

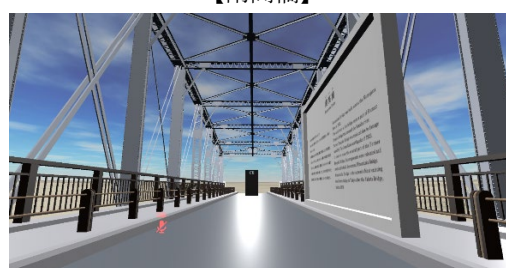


図-14 日本橋空間メタバースの初期空間

【清洲橋】



【南高橋】



【永代橋】



【常磐橋】

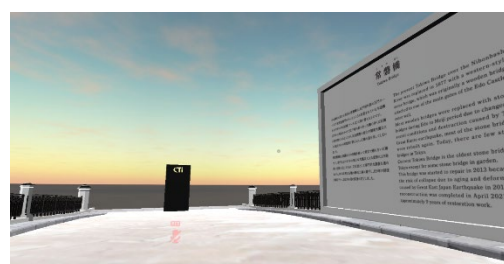


図-15 日本橋舟めぐりのルートにある代表的な4橋

務効率化に関するツールの体験・共有、(2)日本橋に関するメタバース空間を作成した。これにより、これまでの日本橋の活動のアーカイブ化を実施できたとともに、3Dモデルの共有技術やVR展覧会の開催方法等のVRに関する基礎技術を習得できた。

また、VR技術の水平展開に関しては、本研究で実施した内容（VRChatの使い方、BlenderやUnityを用いたメタバース空間の作成方法）について、実施手順がわかる手順書を作成した。さらに、技術本部と連携し、2022年11月11日にメタバースセミナーを実施し、社内関係者（当日参加者290名、アーカイブ視聴者100人以上）にメタバース技術の基礎や事例を伝えることができた。

作成した日本橋空間のメタバースをVRChat上で一般公開する予定である。それを通じて、昨年に本研究で作成したARアプリ「マチカシ」の宣伝が可能であるうえ、当社の日本橋の取り組みを社外にアピールすることができる。

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) VR/ARとは 仮想現実・拡張現実を活用し環境問題を解決する取り組みを考察してみよう, <https://shizen-hatch.net/2021/10/14/vr-ar/>
- 3) KDDI ウェブサイト:
<https://career.kddi.com/andkddi/category/technology-service/22012401.html>
- 4) YouTube, 4K 360 Video underwater OKINAWA 海中 360 度動画: <https://www.youtube.com/watch?v=G9h98vmX2Us>
- 5) 建設技術研究所ウェブサイト:
http://www.ctie.co.jp/news/tech/2021/20210305_268.html
- 6) 西松建設ウェブサイト:
<https://www.nishimatsu.co.jp/solution/bim/>
- 7) 大分県ウェブサイト:
<https://www.pref.oita.jp/site/bosaitaisaku/oitabousaivr.html>
- 8) 織研新聞社ウェブサイト:
<https://senken.co.jp/posts/mitsukoshiisetan-220622>
- 9) ねとらぼウェブサイト:
<https://nlab.itmedia.co.jp/nl/articles/2009/10/news109.html>
- 10) PANORA ウェブサイト:
<https://panora.tokyo/archives/36109>

STUDY ON CONTENTS TOURISM APPLING VR

Toru WADA, Yuki SHINYAMA, Ryuji NIKAIDO and Mitsuhiro MATSUDA

VR has been rapid growth and these are applied to various fields including infrastructure field. This study create a metaverse space in Nihonbashi field to archive CTI's activity in Nihonbashi. We learn basic skills such as how to create a metaverse space, make and share 3Dmodel in this metaverse space. Moreover, we accumulated knowledge about VR, has possibility to open new business fields by cooperating with existing business such as city planning, tourism and facility inspection.

ICT/DXに着目したインフラ多機能化に向けた ニーズの基礎研究

荒木 千博¹・黒田 直樹²・福井 洋幸³・中西 哲也⁴・土屋 三智久⁵

¹博士（工学）・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 河川部
（〒330-6030 埼玉県さいたま市中央区新都心11-2）

E-mail: k-araki@ctie.co.jp

²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 河川部
（〒330-6030 埼玉県さいたま市中央区新都心11-2）

E-mail: n-kuroda@ctie.co.jp

³技術士（建設部門・水産部門） 株式会社建設技術研究所 東京本社 水システム部
（〒103-0007 東京都中央区日本橋浜町3-15-1）

E-mail: h-fukui@ctie.co.jp

⁴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 道路・交通部
（〒103-8430 東京都中央区日本橋浜町3-21-1）

E-mail: t-nakanishi@ctie.co.jp

⁵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 交通システム部
（〒103-8430 東京都中央区日本橋浜町3-21-1）

E-mail: mc-tuchy@ctie.co.jp

国内外の多機能インフラの整備事例や多機能インフラに対する国土交通省の考え方を情報収集・整理した結果、多機能インフラの整備は、多くが二機能の整備であること、ICT技術の活用に至っていないこと、脱炭素および温暖化対策への貢献しうる多機能整備が不十分であること等、が明らかになった。

そこで、整備予定の利根川調節池群を取り上げ、治水単機能の発現・維持における課題を提示した上で、交通、エネルギー、食糧、利用・観光の機能を付加し、ICT技術の活用と調節池間の連携も含めた多機能インフラ整備の検討を行った。ケーススタディを通じて、多機能化を図る視点、課題抽出の考え方、機能間の連携、効果の見せ方などを整理し、インフラ整備の多機能化を検討に資する基礎資料を取りまとめた。

Key Words : Multifunctional Infrastructure, ICT/DX, Maintenance, Regional revitalization

1. はじめに

近年頻発している災害の激甚化への対応として河川管理者による治水事業に加え、あらゆる関係者が協働して取り組む「流域治水」の推進が図られている。推進にあたっては河川、道路、都市（まちづくり）の複合的な観点を取り込んで氾濫原も含めた一つの流域として被害を軽減することが求められる。この際、それぞれのインフラを組み合わせることで効率的な整備・活用が実現でき、相乗的な効果や新たな価値の創造を期待する「多機能インフラ」の整備は、防災・減災、経済成長、地域社会の活性化につながるものと考えられる。

本研究では、多機能インフラの整備に向けて、想定されるプロジェクトの抽出と実現に向けての課題を抽出し、解決策として、ICT/DXに着目した多機能インフラの提言を行うものである。

2. 国内外の動き・事例

研究に先立ち、国内外における多機能インフラに関する事例を収集し、その定義と研究の方向性について整理する。主要事例を以下に示す。

(1) 国土交通省

国土交通省では、近年の災害の激甚化への対応、既存の市街地等への影響、地下空間利用の広がりなどを踏まえて、道路、河川、まちづくりの複合的な観点を早期から取り込んで進めることにより、インフラの効率的な整備・活用の実現、相乗的な効果や新たな価値の創造を期待し、多機能インフラプロジェクト検討会（以下「検討会」）を設置している。

2020（令和2）年7月20日に第1回の検討会が開催され、国内外における多機能インフラプロジェクト事例（図-1）が紹介されるとともに、図-2の考え方が提示されている。



図-1 多機能インフラの事例
（出典）国土交通省ホームページ

- 道路、河川、まちづくりの複合的な視点を早期から取り込むことで、インフラの効率的な整備・活用を実現し、相乗的な効果や新たな価値の創造を期待する多機能インフラプロジェクトを推進し、防災・減災、経済成長、地域社会の活性化に貢献。
- 多機能インフラを活用した地域づくりに向け、年内に、コンセプトに合う構想・計画段階のプロジェクトを抽出。
- 今後、抽出されたプロジェクトにおいて、事業間連携により具体化していくことで、プロジェクトの進捗を継続的に牽引。

図-2 多機能インフラの定義、今後の進め方
（出典）国土交通省ホームページ

(2) 自治体

埼玉県桶川市では、東部工業団地の後谷調節池に日本で初となる水上式メガソーラー発電施設「ソーラーオンザウォーター桶川」を整備し、既存インフラの多機能化を図っている。

これは、洪水時には治水機能が期待されるものの、平常時には維持管理面の負担となる調節池に発電事業者を誘致することで、行政資産のマイナス面をプラス（発電、使用料・固定資産税等の税込）に転化させ、有効活用した好事例である。



図-3 ソーラーオンザウォーター桶川
（出典）桶川市ホームページ

3. 本研究の方向性

事例収集を通じて得られた知見を以下に要約する。

- 多機能インフラは、国内外を問わず古くから実施されている。
- 流域治水、グリーンインフラ、かわまちづくり等、他のプロジェクトの概念・目的と深く関連している。
- 脱炭素エネルギー・温暖化対策に着目した事例も増えつつあり、今後は ICT/DX の概念も踏まえることが期待されている。
- 現施設のマイナス面に着目することが重要である。

そこで本研究では、現在、実際に計画されている実プロジェクトを対象にその多機能化を図るケーススタディを実施する。具体的なテーマを扱い、多機能化（ICT技術の活用、整備・管理・運用のDX化）を図る上での課題抽出、解決策検討を行うことで、インフラの多機能化を図る上での基礎資料とする。

4. 検討方針

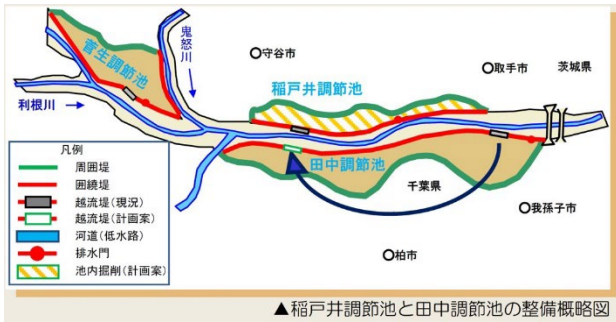
(1) フィールド

利根川水系 利根川・江戸川河川整備計画（令和2年3月変更）の実施メニューである調節池郡（田中・菅生・稲戸井：表-1¹⁾、図-4²⁾）を対象とする。

施設規模が非常に大きく、他機能を付加する十分なキャパシティを有する施設として検討対象に採用する。

表-1 各調節池の諸元（現況）

	面積 (km ²)	治水容量 (万 m ³)
稲戸井調節池	4.48	6,068
菅生調節池	5.92	2,690
田中調節池	11.75	1,908
合計	22.15	10,666



▲稲戸井調節池と田中調節池の整備概略図
 図-4 田中・菅生・稲戸井調節池の概要

(2) 検討方針

多機能化を図る際の考え方を図-5に示す。田中・菅生・稲戸井調節池が現在有している治水機能と周辺施設（一般道、高速道）の有する機能を組み合わせることだけでなく、現施設の負の側面を補うことを念頭に、新たな機能を付加する観点から、具体的な対応を検討する。

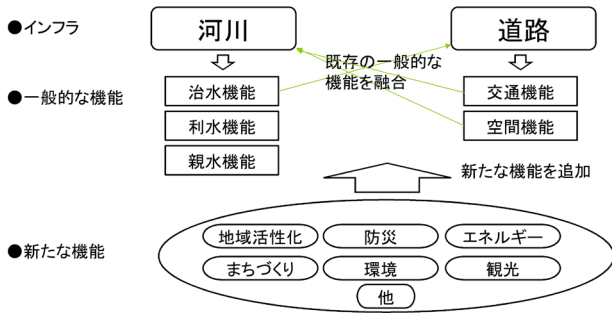


図-5 多機能化の検討方針（イメージ）

5. 稲戸井調節池

(1) バイオマス発電

稲戸井調節池では、治水容量を確保するため、大規模掘削が予定されている（掘削深4～7m程度）。掘削後の地盤高は利根川本川の最低水位程度となり、ヤナギ類の繁茂、維持管理負荷の増大が懸念されるため、「敷地を利用しながら維持する」ことを念頭に、バイオマス発電施設の整備を想定する。

具体的には、調節池内にヤナギを積極的に繁茂させ、成木になった時点で伐採し、チップ化・発電利用を行う。ヤナギ類は成長が早く、萌芽後2年で4m程度の高さに成長するため、周辺施設（例：常磐道守谷SA、EV充電施設等）規模の電力であれば賄うことは十分可能である。

また、隣接する守谷SAとスマートICで連結させれば、利根川水系における河道内伐採樹木を広域的に集積し、処分場としての機能も付加することができる。

(2) フライトパーク

稲戸井調節池の整備に伴い、掘削範囲に位置する東

京フライトパーク守谷飛行場の廃止が予定されている。同飛行場機能を代替するとともに、今後の需要増が予想される場外離着陸場の新設を意図し、フライトパークの整備を想定する。

既存の空港機能に加え、インフラ全般のICT/DX促進に向けたUAV練習場、空飛ぶ車等の実証実験場（試験環境の拡充）としても期待でき、敷地を広域に利用することで、バイオマス発電施設と同様に調節池の維持管理にも寄与できる。



図-6 稲戸井調節池の多機能化

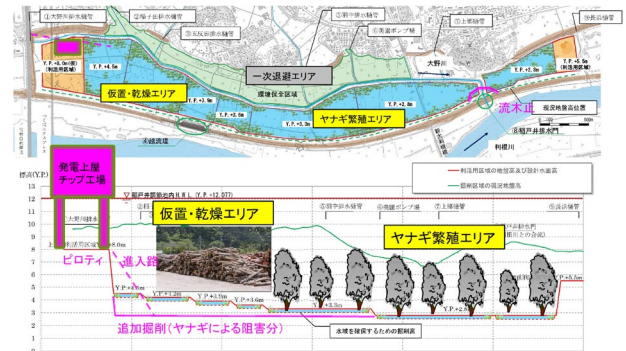


図-7 バイオマス発電施設のイメージ

6. 菅生調節池

(1) 太陽光発電

菅生調節池では、囲繞堤・周囲堤は既に完成しており、池内では耕作が営まれている。現状で特筆するような課題はないが、広大な敷地を有効活用するため、太陽光発電施設の整備を想定する。

洪水時に池内が浸水するため、施設は計画高水位より高い位置に設置する必要がある。その際、耕作（日照時間）に影響が生じないように、図-8に示す透過型の施設を想定する。

遮蔽率30%程度までであれば農地栽培の継続が可能であることから、実現は十分可能と考えられる。

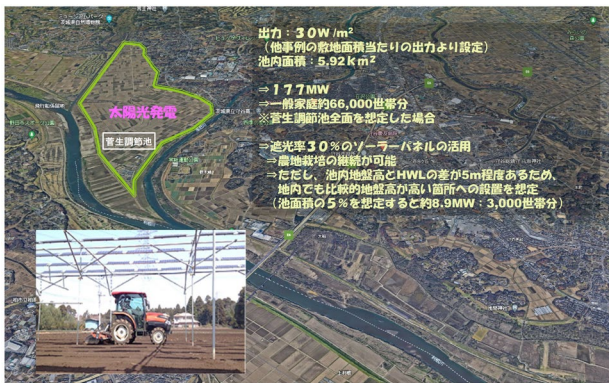


図-8 菅生調節池の多機能化

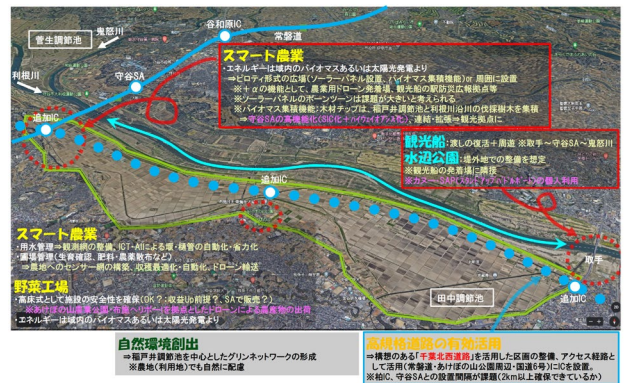


図-9 田中調節池の多機能化

7. 田中調節池

(1) スマート農業

田中調節池では、越流堤の移設のみが整備メニューとして位置づけられている。それ以外は、菅生調節池と同様に囲繞堤・周囲堤は完成しており、池内での耕作は継続される予定である。現状で顕著な課題は見受けられないが、稲戸井・菅生調節池の多機能化（発電）とあわせて営農のスマート化を想定する。

具体的には、隣接する布施ヘリポート・あけぼの山農業公園にドローンステーションを整備し、田中調節池で生産した産品を守谷SAに定期輸送する。

(2) 観光船・水辺利用

調節池と同じく、広大な水面を有効活用するため、観光船の誘致、水辺利用の促進等も考えられる。

現在、利根川流域自治体により、①利根川を連携軸とした地域連携、②舟運による水面利用の促進、③地域の活性化等を目的に利根川舟運・地域づくり協議会が設立されている。また、近傍ではジェットスキー（利根川大堰）、ウィンドサーフィン・SUP（荒川彩湖公園）等、一般市民による水辺利用も活発に行われている。

上記ニーズを取り込むことで、さらなる多機能化が期待できる。

(3) 今後の課題（高速道路構想）

国土交通省千葉国道事務所において、国道16号の混雑緩和・負荷軽減を目的に「千葉北西道路」の計画が進められている。現時点では図-10に示す「利根川沿い（右岸）」という通過帯だけが決まっているが、具体的な通過地点やアクセス地点は未定である。

本研究で想定している多機能化に際して、アクセス性のさらなる向上が期待できるが、既存施設との調整（例：常磐道・国道6号との接続、越流施設との両立）が今後の課題となる。



図-10 ドローンステーションの整備イメージ

6. まとめ

本稿では、利根川調節池群を対象にケーススタディ（図-11）を行い、多機能化を図る視点（図-12）、課題抽出の考え方、機能間の連携、効果の見せ方などを整理した。

得られた主要な知見は、以下のとおりである。

- a) インフラ整備の当初目的が単一であったとしても、その周辺を含めた地域独自の資源の活用、既存インフラとの連携、ICTの活用により、多目的・多機能のインフラ整備へ転換する考え方を提案した。
- b) 利根川調節池群の整備（治水）を対象にICT/DXの活用による交通・エネルギー・農業・レジャーの機能を付加することで、地域の安全安心、経済振興、エネルギー創出が可能な多機能インフラの具体例を示した。

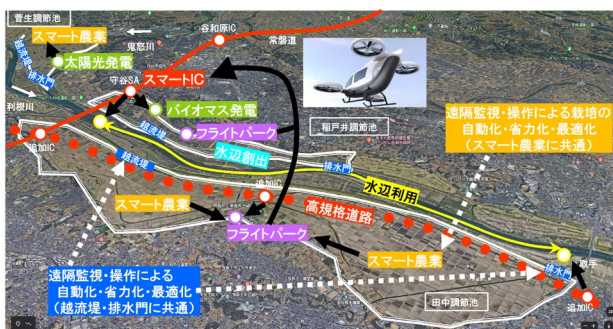


図-11 ケーススタディのまとめ

稲戸井調節池の例:

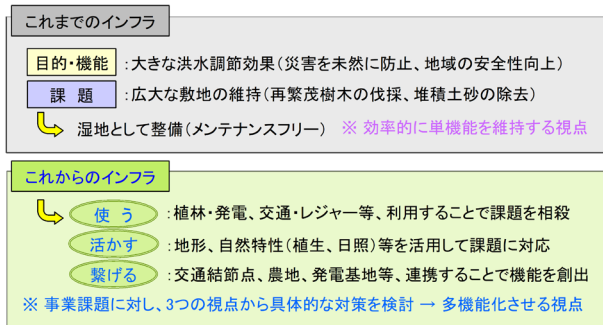


図-12 多機能化の視点

参考文献

- 1) 松本敬司, 福岡捷二ら: 利根川河道沿い三調節池群の洪水調節量の算定, 土木学会論文集 B1, Vol.69, No.4, pp. I_793-798, 2013.
- 2) 国土交通省関東地方整備局: 利根川水系利根川・江戸川河川整備計画の概要, pp.11, 2020

(2023. 1. 11 受付)

TOWARD INFRASTRUCTURE MULTIFUNCTIONALITY FOCUSING ON ICT/DX BASIC RESEARCH ON NEEDS

Kazuhiro ARAKI and Naoki KURODA and Hiroyuki FUKUI and Testuya NAKANISHI and Michihisa TSUCHIYA

As a result of collecting and organizing information on domestic and international examples of multifunctional infrastructure development and MLIT's approach to multifunctional infrastructure, it became clear that most multifunctional infrastructure development is bifunctional, that ICT technology has not yet been utilized, and that multifunctional development that can contribute to decarbonization and global warming countermeasures is insufficient. The Tone River regulation is scheduled to be developed.

The Tone River Regulating Basins, which are planned to be developed in the future, were taken up, and after presenting issues in the development and maintenance of the single function of flood control, multifunctional infrastructure was studied by adding the functions of transportation, energy, food, and use/tourism, as well as the use of ICT technology and coordination among flood control reservoirs. Through the case studies, we summarized the viewpoints of multifunctionalization, the concept of problem identification, coordination among functions, and ways to show the effects, and compiled basic materials that contribute to the study of multifunctionalization of infrastructure development.

地方と都市の共助社会システムに関する研究

田頭 直樹¹・蛭原 雅之²・勝山 聡美³・石本 俊亮⁴・佐藤 康晴⁵・北川 照晃⁶

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

E-mail: tagasira@ctie.co.jp

²株式会社建設技術研究所 東京本社上下水道部（〒103-0007 東京都中央区日本橋浜町3-15-1）

E-mail: ebihara@ctie.co.jp

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

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

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

E-mail: ishimoto@gp.ctie.co.jp

⁵株式会社建設技術研究所 東京本社水システム部（〒103-0007 東京都中央区日本橋浜町3-15-1）

E-mail: satou@ctie.co.jp

⁶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: kitagawa@ctie.co.jp

地方では過疎化、都市では一極集中などに起因する課題を抱えている。本研究は、地方と都市のそれぞれの特徴を活用して、これらの課題解決を図る共助社会システム構築に向けた基礎検討を目的とした。1年目の今期は、研究対象地域として選定した3地域で、それぞれの地元関係者と意見交換を実施しつつ、バイオマスボイラーを用いた脱炭素型の植物工場の事業可能性、関係・定住人口増加に向けた地域誘導をWebセミナーと地域体験メニューによる2段階で行う方策や内容、防災アプリによる行政サービス支援などを検討した。来期は今期検討した内容の試行またはシンポジウム等の開催を行う予定である。

Key Words: SDGs, social issues, partnership between rural and urban areas, plant factory, rural migration, regional revitalization

1. はじめに

我が国の人口減少とそれに伴う少子高齢化は確実に進行し、地方では、過疎化による地域経済の縮小、行政サービスの低下など様々な課題が顕在化している。都市においても一極集中による自然災害時の事業継続リスク、狭小な生活空間、希薄な人間関係による孤立化など抱える課題は多い。これらの課題は、行政コストや社会保障費の増加、税収減少の要因となり、将来に必要なインフラの維持管理を困難にする。一方、新型コロナウイルス禍を通して、テレワークなどが進展し、人工的で過密な都市空間から自然的で開疎な地方の魅力が見直され、地方回帰による様々な課題解決が期待されている。

以上を踏まえ、本研究では、地方と都市が抱える課題とそれぞれがもつ資源や特徴を上手く活用して、双方の社会的課題を解決する新たな共助社会システム構築に向けた基礎検討を行う。検討で得られた知見は、提言としてとりまとめるとともに、検討を通して新たなコンサルティング、事業開発に向けた可能性を調査する。また、本研究をCTIグループで検討することで、グループ内のSDGsへの取り組みを推進することとした。

2. 研究概要

(1) 研究内容

本研究は、2022年1月～2023年12月の2カ年を予定する。図-1に示す緑色部分（地方と都市をつなぐ役割）と、水色部分（社会的課題解決に向けた個別の取り組み）の両方を意識して研究を進めた。1年目は、主に①対象3地域のニーズ・社会的課題の抽出、②課題解決に向けた対応策の検討、③地元関係者との意見交換会を行った。2年目は、主に④対応策の具体化、⑤対応策の試行もしくはシンポジウム開催、⑥社内への提言のとりまとめを行う予定である。

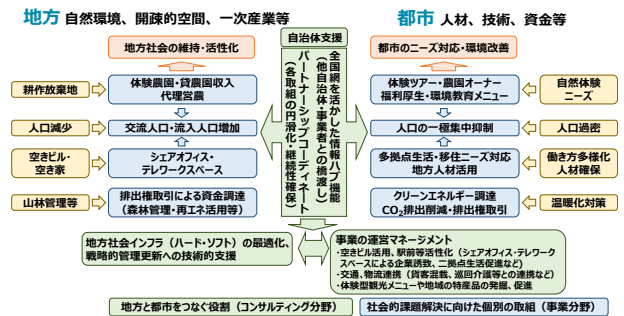


図-1 社会的課題解決に向けた役割

(2) 対象地域

対象地域は、特徴が異なる図-2 に示す3地域とした。

1) 宮城県大崎市鳴子温泉

仙台市から車で約1時間半の距離に位置する。旧古川市と合併して大崎市となる。国勢調査による2020年の人口は、2000年比8.6%減である。地域の約85%が森林である。3地域で唯一温泉やスキー場といった観光地がある。鳴子温泉は、1100年の歴史があり、かつては湯治客で賑わっていた。弊社が共同出資する「ウェスタ CHP」がバイオマスエネルギー事業を展開中である。

2) 千葉県横芝光町

都心から車で約1時間半の距離に位置する。国勢調査による2020年の人口は、2000年比17.4%減であり、近年人口が右肩下がりである。サーフィンで有名な九十九里浜の中央に位置し、成田空港の滑走路および発着枠拡大に伴う経済波及（補償金、雇用拡大、従業者移住）が期待される。千葉大学の鈴木雅之准教授が、COC+（拠点大学による地方創生推進事業）の一環として、地方活性化の活動を支援している。

3) 福岡県赤村

福岡から車で約1時間半の距離に位置する。国勢調査による2020年の人口は、2000年比23.7%減、65歳以上割合が40.4%であり、急速に人口減少・高齢化が進んでいる。目立った観光産業はないが、非常に豊かな自然景観を残す地域である。2022年4月にJALと地域活性化等に向けた包括連携協定を締結するなど、社会的課題解決の潜在的な需要が高いと判断される。



図-2 対象地域

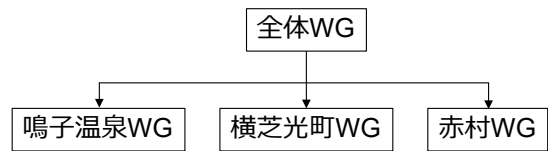


図-3 全体WGと地域WGの設置

表-1 対象地域別関係機関

対象地域	関係機関
鳴子温泉	ウェスタCHP, もりたびの会
横芝光町	自治体, 千葉大学鈴木准教授, CAMPiece横芝光
赤村	自治体, 源じいの森, あかまるまんま

(3) 研究体制

1) ワーキンググループ（全体・地域WG）の設置

CTIグループ全体で検討を進めるため、CTIグループからWG（以下、「全体WG」という。）への参加を募集し、（株）建設技術研究所、（株）日総建、（株）CTIグランドプランニングの3社から計23名で検討した。

全体WGの下に、地域ごとの内容を議論する地域WGを配置し（図-3）、地域WGの検討内容を全体WG（2022年5月31日、8月4日、10月11日実施）を通して確認・共有しながら研究を進めた。

2) 関係機関との意見交換

横芝光町と赤村は、定期的に自治体と意見交換の場を設定して研究を進めた。

自治体に加え、表-1に示す機関と意見交換等を行い、連携または連携に向けた関係構築を行った。

表-1に示す鳴子温泉の「もりたびの会」は、地域の旅館や飲食店、林業家、クラフト関係者、教育関係者などから構成される協議会である。森林保全と地域活性化に向けて活動を展開している。横芝光町の「CAMPiece横芝光」は、地元で廃校を活用したキャンプ場を運営している。赤村の「源じいの森」は、村内の唯一の宿泊可能な施設を持ち、地域おこし協力隊も活動している。「あかまるまんま」は、村内の無農薬、無化学肥料の農産物を使用した特産品開発など行うベンチャー企業である。

3. 地方と都市の社会的課題の抽出

本章では、対象地域の社会的課題の抽出に向けて、一般的な視点から地方と都市の社会的課題を整理した（表-2）。

地方で挙げられた課題は、過疎化とそれに伴う産業・地域活性力の衰退を示す項目が挙げられたことに加え、意識・気づきといった心理的な課題も挙げられた。一方、都市の課題では、一極集中や自然の乏しさに由来する課

表-2 地方と都市の社会的課題

区分	項目	課題
地方	利便性	交通・育児の不便さ、商業施設・医療施設の少なさ、高齢者等の買い物難民
	高齢化・人手不足	農業・林業・行政・雪かき・文化継承などの後継者不足
	産業・雇用	地域産業の衰退、雇用の減少、不相当な対価、都市との経済格差
	意識・気づき	潜在価値の認識不足、変化の受け入れに対する抵抗感
都市	防災	災害脆弱性、事業継続性（BCP）
	生活	人口過密、交通混雑、高齢者の孤立化、高コスト、コロナ後のライフスタイル
	環境	自然体験・自然教育ができない
	食料	都市圏内で完結できない、食の安全への不信不安
	エネルギー	電力の地方依存、CO ₂ 排出削減の困難さ

題が挙げられた。また、コロナ後のライフスタイル、自然体験、食の安全といった課題は、都市側のニーズであり、地方との連携に重要な視点と考える。

4. 対象3 地域のニーズ・社会的課題の抽出

(1) 宮城県大崎市鳴子温泉

地域で活動しているウェスタ CHP および「もりたびの会」との2回の意見交換、既存資料調査および現地踏査から、鳴子温泉地域で検討対象とする社会的課題は、「地域産業の衰退による空き家・空き店舗の増加」と整理した(表-3)。

本地域で開催されたワーケーションイベントでは、参加者の半数以上を女性が占めており、リピーターとなることが期待されている(図-4)。また、廃校を利用したジビエの解体工場ができるなど、自然資源の有効活用の動きが地域でみられた。更に、持続可能な観光や農業を目指したいという意見が挙がるなど、環境配慮への潜在的なニーズは高いと考えられる。

表-3 鳴子温泉 地域のニーズと社会的課題

区分	内容
社会的課題	地域産業の衰退による空き家・空き店舗の増加
	・観光客、特に宿泊客数が大きく減少している。(湯治文化の衰退も影響) ・東鳴子温泉地区のメインストリート沿いの商業施設の空き店舗化が特に深刻である。



図-4 鳴子ダムパックラフト付きワーケーション

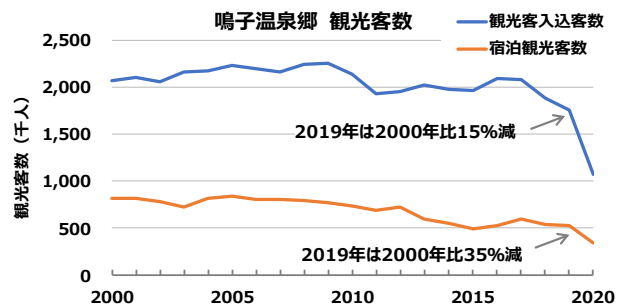


図-5 鳴子温泉郷観光客数²⁾



図-6 東鳴子温泉地区の空き店舗状況

一方、本地域の観光客数の経年変化を見ると、2000年に対して、2019年総観光客数を示す入込客数は15.0%減に対して、宿泊客数は34.8%減と、宿泊客数の落ち込みが著しく、コロナ禍の2020年はさらに深刻化していた(図-5)。宿泊者数減少の要因の一つに、かつてみられた湯治などが衰退したことなどが指摘されている。これら地域産業の衰退は、空き店舗および空き家の増加の要因となっていた。特に、メインストリート沿いの商店の多くが空き店舗となっており、地域でも深刻な課題と捉えられていた(図-6)。

前述した地域の取り組みも地域産業の衰退を踏まえ、新しい時代に対応した新たな地域産業の創出を狙ったものと思われる。

(2) 千葉県横芝光町

千葉大学鈴木准教授および横芝光町との計5回の意見交換、既存資料調査および現地踏査から、横芝光町地域で検討対象とする社会的課題は、「周辺地域との差別化・情報発信不足による関係人口の減少」と整理した(表-4)。

本地域では、鈴木准教授が関わり、町民参加型の先進的な総合計画が立案されている。ただし、町内向けの内容が多く、外部に対してはホームページ閲覧者や問合せに対して情報を提供するレベルに留まり、具体的に働きかける視点や活動が必要と考えられた。横芝光町近郊の成田空港は、現在4万人が働き、拡張に伴いさらに2万人の雇用が創出されると指摘されている。町としても拡張に伴う経済波及効果を取り込みたいというニーズがあり、その一つとして、空港関連および都内リモートワーカーの20~30代の共働き子育て世代を対象とした定住

表-4 横芝光町 地域のニーズと社会的課題

区分	内容
社会的課題	周辺地域との差別化・情報発信不足による関係人口の減少
	<ul style="list-style-type: none"> ・ブランド力のある九十九里浜の中央に位置するものの、サーフィンや移住で有名な南側（一宮町、いすみ市）と釣りや移住で有名な北側（銚子市）に挟まれ、立ち寄り目的・魅力が劣る。 ・子育て環境など横芝光町の魅力の外部への情報発信が不足する。



図-6 横芝光町の周辺地域の状況

・関係人口の増加を掲げている。一方、同じ外房に位置するいすみ市は、住みたい田舎ベストランキング首都圏エリア1位であること、一宮町は、サーフィンで人気、2020年人口は2000年比2.1%増（横芝光町は17.4%減）であること、さらに北側には海釣りや移住で有名な銚子市に挟まれている立地から、差別化や適切な情報発信を行わないと、埋没してしまうリスクが高いと考えられる（図-6）。

(3) 福岡県赤村

赤村との計3回の意見交換、既存資料調査および現地踏査から、赤村で検討対象とする社会的課題は、「人口減少・高齢化による行政サービスの低下や耕作放棄地の増加」と整理した（表-5）。

本地域では、アユのつかみ取り、BBQ、ほたるツアーなどがセットとなった農業体験イベント（図-7）が年2回開催され、定員に対して倍以上の申し込みがあるなど好評を得ている（コロナ禍でここ数年は中止していたが2022年は規模を縮小して開催）。源じいの森でも、農業体験、オリジナルスパイスの開発・販売、アウトドアブランドのポップアップイベント開催などを実施している。また、JALと地域課題解決に向けた有識者ツアーも実施されている。

一方、図-8に示すとおり、生産年齢人口が急速に減少し、行政サービスの低下を懸念する意見が挙げられた。前述した源じいの森のイベントも、地域おこし協力隊が中心と進めているなど人手不足が顕在化している。人手

表-5 赤村地域の社会的課題とニーズ

区分	内容
社会的課題	人口減少・高齢化による行政サービスの低下や耕作放棄地の増加
	<ul style="list-style-type: none"> ・人口減少および高齢化の進展が全国平均を大きく上回り、農業の衰退が進行し、今後、行政サービスの低下が懸念される。



図-7 Do you 農（農作業体験）の開催状況³⁾

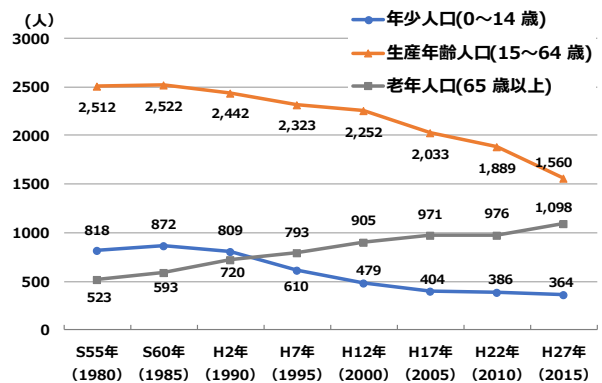


図-8 赤村の年齢3区分別人口の推移⁴⁾

表-6 赤村の産業構造⁵⁾

産業区分	総生産額 (H20年度)		就業人口 (H17.10.1現在)	
	百万円	%	人	%
第一次	278	5	208	14.3
第二次	540	9.7	366	25.2
第三次	4,865	87	881	60.5
帰属利子	-94	-1.7	-	-
計	5,591	100	1,455	100

不足と高齢化により、新しいことをあまり望まない風潮があるという意見も聞かれた。次に、村内の産業構造をみると、第三次産業が、総生産額および就業人口で、それぞれ全体の87.0%および60.5%を占めており、村内の主要な産業となっていた。第一次産業より第三次産業の方が大きく上回る理由は、1時間通勤圏内に複数の都市が近接し、出勤しやすいためと考えられ、今後は更に第一次産業の衰退およびそれに伴う耕作放棄地の増加が懸念される（表-6）。

5. 課題解決に向けた対応策の検討

5.1 鳴子温泉

(1) 基本的な方向性

鳴子温泉では、地域産業の衰退が課題として挙げられた。一方、資源としては、脱炭素エネルギー（バイオマス、地熱、雪）および豊かな自然環境（森林、温泉）がある。これらと結びつけることが可能な都市側の課題は、エネルギー・食料の外部依存と整理した（表-7）。

地域のニーズとしては、持続可能な観光および農業・林業の推進が挙げられる。既に観光は地元の「もりたびの会」が実践しつつあるため、本地域の検討の方向性は、農業・林業に焦点を当て、「サステナブルな農業と観光資源化」と設定し、将来的にはローカル脱炭素による雇用創出、循環型地域経済への発展を目指すことが望ましいと整理した。

(2) 具体的検討

基本的な方向性を踏まえ、今期はウエスタ CHP のバイオマスボイラーを活用した脱炭素型植物工場の事業収支等を検討した。植物工場の規模等は、平成 25 年度に検討された社内研究（以下、「過年度検討」という）の検討結果を参考に設定した。

「植物工場」は、野菜や苗を中心とした作物を施設内で、光、温湿度、二酸化炭素濃度、培養液などの環境条件を人工的に制御し、季節や場所にあまり捉われず、自動的に連続生産するシステムである。「太陽光利用型植物工場」と「完全人工光型植物工場」に分類され、前者は、オランダが先進国であり成功事例が多い。

鳴子温泉地区で想定する植物工場は、以下に示す理由から「完全人工光型」とした。

- ・ 通年での栽培出荷が可能で、高収益性が見込まれる。
- ・ 寒冷地のため、太陽光採光は限定的であり、断熱性の上屋構造を優先したい。
- ・ 暖房燃料として、地元間伐材を有効活用できる。

表-7 鳴子温泉に関連する地方と都市の課題と資源

区分	鳴子温泉	都市
課題	・ 地域産業の衰退	・ エネルギー・食料の外部依存
資源	・ 脱炭素エネルギー資源（CHP等） ・ 豊かな資源環境（森林・温泉）	・ 都市の経済、技術、人口

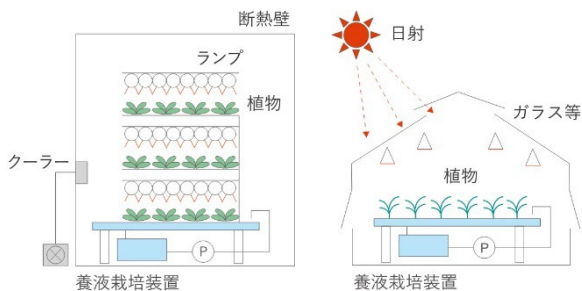


図-9 植物工場（左：人工光型、右：太陽光型）⁶⁾

1) 植物工場のシステム・規模の設定

植物工場のシステム、設備、規模は、過年度検討で作成された事業計画をベースに、次のとおりとした。

- ・ 対象作物：葉菜作物（レタス）
- ・ 規模：幅 40.0m×奥 27.3m×天井高 4.0m 面積=1,092m²
- ・ 暖房設備：バイオマスボイラーへ変更（冷房は過年度検討と同じエアコン）

2) 植物工場の建設費（イニシャルコスト）算出

植物工場の建設費は、過年度検討と同様の表-8 に示すとおりとした。

3) 植物工場の収支計画

過年度検討から、下記項目を変更してランニングコストを算出し、収支計画を作成した。

- ・ 暖房をビルマルチ空調からバイオマスボイラーに変えた場合の使用電力量+燃料代を算定した。
- ・ 総務省「ローカル 10,000 プロジェクト」の補助金活用（初期費用の 1/2、0.5 億円のいずれか安い方）
- ・ 電気代を東北電力の 2022 年価格とした。

結果は、木質の燃料代が増えても電気代が下がり、CHP ウェスタのバイオマスボイラーを利用することで 221 万円/年安くなった。また、年間の経常利益は、1042 万円（借地料：24 千円/年含む）となった（表-9）。

表-8 概算事業費（イニシャルコスト）

No	名称	金額[千円]
A)	水耕栽培用機器設備工事	14,100
B)	栽培プール設備工事	65,020
C)	栽培用照明・コンセント設備工事	133,270
D)	栽培用エア設備工事	8,910
E)	給排気設備工事	1,540
F)	各ポンプ及び冷暖房設備工事	35,100
G)	包装機及び水再利用設備工事	4,650
H)	電気制御設備工事	48,880
I)	断熱パネル工事（建築工事含む）	140,000
J)	エアシャワー工事	1,200
	諸経費	22,000
	予備費	25,330
	合計	500,000

表-9 概算事業費の収支計画（植物工場 3400 株/日、販売価格：@140 円/1 株 80 g~100 g）

項目	数量	単位
売上高（単価140円×出荷バック数）	138,611	千円/年
出荷総バック数（170×プール数×歩留まり率0.8×出荷日数）	990,080	個/年
総費用合計	128,193	千円/年
A) 仕入れ額（種、播種マット、液体肥料、袋詰め用袋、雑費など）	12,741	千円/年
B) 管理費（残留農薬等の分析代、メンテナンス）	2,760	千円/年
C) 水光熱費		
水道代	1,200	千円/年
電気代	31,588	千円/年
燃料費（CHPボイラー）	896	千円/年
D) 物流費	7,200	千円/年
E) 概算投資設定（イニシャルコスト-助成金=4.5億、10年均等償却）	45,000	千円/年
F) 人件費（社員2名、アルバイト8名）	26,784	千円/年
G) 家賃	24	千円/年
経常利益	10,418	千円/年

表-10 燃料別1円あたりの発熱量比較

	都市ガス	灯油	バイオマスボイラー
単位別発熱量	36,819 KJ/m ³	36,490 KJ/L	14,700 KJ/kg
燃料単価	150 円/m ³	110 円/L	11 円/kg
1円あたりの発熱量	245.5 KJ/円	331.7 KJ/円	1336.4 KJ/円

d) その他のバイオマスボイラーの事業性検討

都市ガス、灯油と比較して、1円あたりの発熱量を比較した結果、バイオマスボイラーが最もコストが安い。そのため、地域産業である旅館や農業（ビニールハウス）への展開の可能性は十分にあると考えられる（表-10）。

5.2 千葉県横芝光町

(1) 基本的な方向性

横芝光町では、周辺地域との差別化や外部への具体的な働きかけ不足が課題として挙げられた。一方、資源としては、広大な生活空間・充実した子育て環境、豊かな自然環境（温暖な大地・海）に加えて、外部からの移住者や来訪者の受入れをサポートできる人材や雰囲気が醸成されている。これらと結びつけることが可能な都市側の課題は、狭小な生活空間・人工的な子育て環境、新しい生活様式ニーズへの対応と整理した（表-11）。

地域のニーズとしては、成田空港との共存・共栄、空港関係者および都内リモートワーカーの子育て世代を対象とした関係人口・定住人口の増加、町に不足するデジタル人材の流入が挙げられる。

そこで、本地域の検討の方向性は、「都市側のニーズに応えるイベントをきっかけとする横芝光町への来訪誘導と、地域体験を通じた横芝光町のファン創出」と設定し、成田空港拡張に伴う経済波及効果の取り込み（定住人口）、デジタル遊牧民と言われる多様な働き方を好む人々の取り込み（関係人口、デジタル人材）への発展を目指し、対外的な働きかけを打ち出すことが望ましいと整理した。

(2) 具体的検討

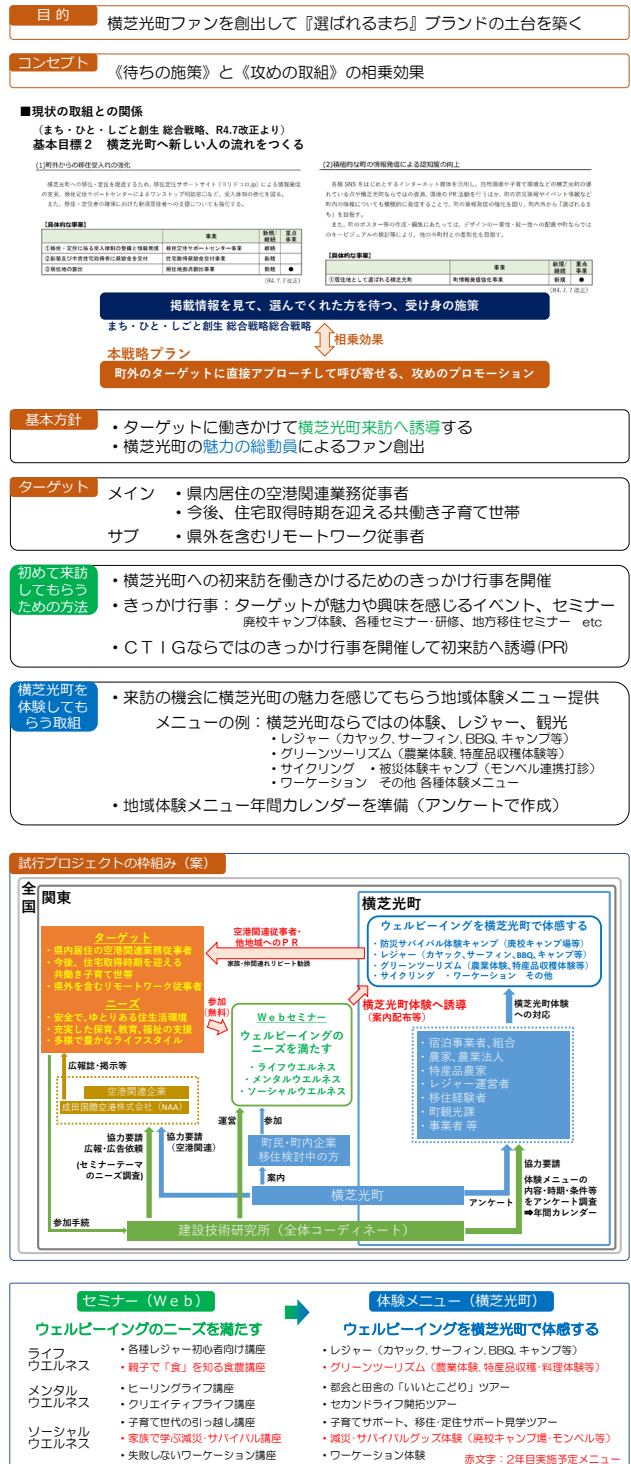
基本的な方向性を踏まえ、メインターゲットを「県内居住の空港関連業務従事者」および「今後、住宅取得時期を迎える共働き子育て世帯」とした。ターゲットに働

表-11 横芝光町に関連する地方と都市の課題と資源

区分	横芝光町	都市
課題	・ 周辺地域との差別化・情報発信不足	・ 狭小な生活空間・人工的な子育て環境 ・ 新しい生活様式への対応
資源	・ 広大な生活空間・充実した子育て環境 ・ 豊かな自然環境（温暖な大地・海）	・ 成田空港拡張に伴う経済、人口増 ・ 都市の経済、技術、人口

きかけて横芝光町来訪へ誘導し、横芝光町の魅力を総動員して来訪者を横芝光町のファンにする方策・仕組みを、来期に実施する試行プロジェクト(案)として整理した。

行政による総合戦略等では、ホームページ来訪者や問合せに対する対応、情報発信は考慮しているものの、基本的に「受け身」の方策となっている。そこで、外部に積極的に働きかけて横芝光町への来訪を多くの人に促すためのきっかけ作り、および来訪者に横芝光町を印象付ける地域体験の2段階の取り組みにより、リピーターや



将来的な移住者の増加に結び付けることを目指している。きっかけ作りの方法には、人数の制約がなく多くの方にコンタクトできる Web セミナーを想定し、都市の住民等のニーズを踏まえ「ウェルビーイングのニーズを満たす」を全体テーマとし、地域体験との連携開催を念頭に置いた講座テーマを検討した（図-10）。

5.3 福岡県赤村

(1) 基本的な方向性

赤村では、人口減少と高齢化が課題として挙げられた。一方、資源としては、都市と近接する豊かな自然環境（中山間地・農業体験）がある。これらと結びつけることが可能な都市側の課題は、狭小な生活空間・人工的な子育て環境、新しい生活様式への対応と整理した（表-12）。

地域のニーズとしては、人手不足による行政サービス低下の支援が挙げられる。また、人手不足や高齢化により、地域の魅力の発見・発信が不十分であることから、本地域の検討の方向性は、「行政サービス支援（防災など）と魅力や資源の再発掘・有効活用」と設定し、将来的にはデジタル技術による地域サービスの維持、地域の価値の最大化への発展を目指すことが望ましいと判断した。

(2) 具体的検討

基本的な方向性を踏まえ、今期は、下記に示す4つの地域活性化の案を検討し、他地域での事例や整備状況等を踏まえて、赤村へ提案を行った。

①防災アプリと地域アプリによる地域力向上

現地散策型防災アプリ「防災 Go!プロトタイプ」を開発・検証実験を実施し、これらに日常的な情報を追加して地域アプリへ発展させて地域力を向上させる。

②91 農業・体験農業の推進

本業を9割、農業を1割とする新しい営農方法である91 農業や、耕作放棄地の農業体験農園（貸し農園方式）としての活用、空き家の利用などにより、新規就農者増加を図る。

③農泊・ワーケーションプレイスの整備

農山漁村振興交付金・農泊推進対策（農水省）、ワーケーション推進事業（観光庁）、地域サテライトオフィ

表-12 赤村に関連する地方と都市の課題と資源

区分	赤村	都市
課題	・人口減少と高齢化	・狭小な生活空間・人工的な子育て環境 ・新しい生活様式への対応
資源	・都市と近接した豊かな自然環境（中山間地・農業体験）	・都市の経済、技術、人口

ス整備推進事業（総務省）、地方創生テレワーク推進事業（内閣府）などの交付金を活用して、空き家等を利用した農泊、ワーケーションプレイスを整備し、関係人口の拡大を図る。

④グリーンエネルギーによる地域創生

製材などと協力して地域の森林資源を余す所なく利用するバイオマス発電事業、中山間地の農業用水路の落差を利用した小水力発電事業、休耕田を田んぼや畑にして、その上空で太陽光発電を行うソーラーシェアリングを推進し、雇用の創出による地域創生を図る。

6. 対応策の類似・参考事例（抜粋）

(1) 植物工場

人工光型植物工場の場合、黒字化にはレタス換算で3,000 株/日が収支均衡ラインと指摘されている⁷⁾。植物工場大手の（株）スプレッド（2006 年創業）は、8.1 万株/日を生産し、全国約 4,500 店舗のスーパーで販売されている。2024.1 以降に新たな植物工場を稼働させるほか、いちごや代替肉の新規事業を強化する。一方、（株）インターナショナル・ローカル（2008 年創業）は、多品種栽培により、40 フィートコンテナ（約 17 帖）を3 個といった小規模から黒字化を達成している（図-11）。

(2) 小規模共同配送

やさいバス（株）（2017 年創業）は、小規模共同配送のサービスを提供する。バス停と称する集配拠点を冷蔵トラックもしくは高速バス等が周回し、出荷者も購入者もバス停にて、出荷・受取を行う（図-12）。高速バスの場合は、貨客混載で運搬を行う。現在、サービスを全国へ展開（拡大中）している。



図-11 植物工場（大規模⁸⁾、小規模コンテナ型⁹⁾）



図-12 やさいバスの出荷配送イメージ¹⁰⁾

(3) サテライトオフィスの誘致

徳島県美波町では、サテライトオフィス開設事業者支援制度を設立し、25の企業のサテライトオフィス誘致に成功している。サーフィンなど趣味を楽しみたい半々ITなどの働き方を求める若者が移住し、美波町で様々な起業が発生している。また、地方と都市の学校を行き来するデュアルスクールも積極的に推進している。

(4) 市民農園

市民農園は、①貸し農園タイプ（特定農地貸付方式）と、②農園利用タイプ（農園利用方式）がある。①貸し農園タイプは、利用者が農園開設者から農地を借りて、野菜づくりなどを行う。②農園利用タイプ（農園利用方式）は、農地所有者が農業経営の一環で開設し、利用者は農地を借りず、開設者の指導管理下で、農作業を行う。

貸し農園タイプである千葉県香取市の「クラインガルデン栗源」では、滞在可能な小屋と農園をセットで借りることができる。424,000円/年の利用料が発生するが、毎年、満床状態であり、営業利益も出ている。作付けは、利用者が決め、インストラクター（地元農家）による指導を受けることもできる。農園利用タイプの東京都練馬区の「農業体験農園」は、地元農家が園主となり農業体験を提供する。園主が作付けを決め、利用者は、入園料43,000円/年を支払い、講習会、農作業の指導を受けられる。利用者が収穫作業を行うため、園主の作業負担は減り、10a当たりの所得は、通常の露地野菜を大きく上回る。上手く野菜が作れるため利用者の満足度も高い。

7. 地元関係者との意見交換

(1) 宮城県大崎市鳴子温泉

「ウエスタ CHP」および「もりたびの会」と計2回（2022年7月15日、11月14日）の意見交換を実施した。（ウエスタ CHP およびもりたびの会の詳細については、「2. (2) 1) 宮城県大崎市鳴子温泉」と「2. (3) 2) 関係機関との意見交換」を参照。）

(2) 千葉県横芝光町

横芝光町役場とは、計4回（2022年7月14日、8月26日、10月17日、11月14日）の意見交換を行った。自治体以外では、千葉大学鈴木准教授（2022年6月13日）と「CAMPicce 横芝光」（2022年11月14日）と意見交換を行った。（千葉大学鈴木准教授およびCAMPicce 横芝光の詳細については、p2の「2. (2) 2) 千葉県横芝光町」と「2. (3) 2) 関係機関との意見交換」を参照。）

(3) 福岡県赤村

赤村役場とは、計4回（2022年5月24日、8月5日、

10月17日、12月15日）の意見交換を実施した。自治体以外では、2022年8月5日に「源じいの森」と、2022年10月17日に「あかまるまんま」と意見交換を行った。

（源じいの森およびあかまるキッチンの詳細については、p2の「2. (3) 2) 関係機関との意見交換」を参照。）

8. まとめと来期に向けた課題

今期は、宮城県大崎市鳴子温泉、千葉県横芝光町、福岡県赤村の3つの地域を対象に、地元関係者と意見交換を実施しながら、地域のニーズや取り組み・社会的課題を抽出し、対応策を検討した。

鳴子温泉では、メインストリートの実状や宿泊客数の減少等から、検討対象とする社会的課題を「地域産業の衰退による空き家・空き店舗の増加」と設定した。地域のニーズとして「持続可能な観光および農業の推進」が挙げられている。既に観光は地元の「もりたびの会」が実践しつつあるため、対応策は「サステナブルな農業・林業と観光資源化」とし、今期は、ウエスタ CHP のバイオオマスボイラーを用いた植物工場の概算収支等を検討した。来期は、地域の活性化方策、地域産業関係者（農業・観光）との関係構築、貨客混載などによる物流の効率化などを検討する予定である。

横芝光町では、人口減少と周辺地域の移住人気等から、検討対象とする社会的課題を「周辺地域との差別化・情報発信不足による関係人口の減少」と設定した。地域のニーズとして「成田空港関連業務従事者や子育て世代を対象とした定住人口・関係人口の増加、デジタル人材の流入」などが挙げられていたことから、対応策は「都市側のニーズに応えるイベントをきっかけとする来訪への誘導と、地域体験を通じた横芝光町のファン創出」とし、今期は、定住・関係人口の増加に向けた地域誘導を、Webセミナーと地域体験メニューによる2段階で行う方策・内容を検討した。来期は、廃校キャンプ場および体験農園等との連携を試行する予定である。また、試行を通して、より魅力的なテーマ設定を検討するとともに、本取り組みの持続可能性を検討する予定である。

福岡県赤村では、急速に進む人口減少と高齢化から、検討対象とする社会的課題を「人口減少・高齢化による行政サービスの低下や耕作放棄地の増加」と設定した。地域のニーズとして「低下が懸念される行政サービスへの支援」が挙げられており、人手不足や高齢化により、地域の魅力発見・発信に対する積極性も低いことから、対応策は「行政サービス支援（防災など）と魅力や資源の再発掘・有効活用」とした。今期は、防災地域アプリ、91農業、農泊ワーケーションプレイス、クリーンエネルギーなどによる地域活性化を提案した。来期は、防災ツールによる地域防災支援等を通じて、地域ニーズを掘り

起こす予定である。

また、上記3地域の取り組みを踏まえ、事業化や全体調整に向けたコンサルティングなど新しい分野のサービスの可能性を検討していく必要がある。

参考文献

- 1) 寺野 稔: コロナウイルスがもたらした状況と地方創生への取り組み, 産学官連携ジャーナル, Vol.16(8), p.3, 2020.
- 2) 宮城県: 宮城県観光統計概要 (平成15年～令和2年)
- 3) 赤村: 広報あか (令和4年7月号)
- 4) 赤村: 第2期 あか村まち・ひと・しごと創生総合戦略 あか村人口ビジョン(令和2年3月)
- 5) 赤村: 赤村公式ホームページ内の産業・経済, <http://www.akamura.net/government/industry.html>
- 6) 一般社団法人日本植物工場産業協会: 人工型植物工場, <https://jpfia.org/plant/> (2022年12月19日参照)
- 7) SMART AGRI 編集部: 「植物工場」は農業の理想形なのか? 現状と課題, <https://smartagri.jp.com/smartagri/157> (2022年12月19日参照)
- 8) (株) スプレッド: 工場スペック, <https://spread.co.jp/business/> (2022年12月19日参照)
- 9) (株) インターナショナルリー・ローカル: 植物工場設備, <https://www.internationallylocal.com/contents01.html> (2022年12月19日参照)
- 10) やさいバス(株): やさいバスとは, <https://vegibus.com/help/about> (2022年12月19日参照)

STUDY ON MUTUAL AID SOCIETY IN RURAL AND URBAN AREAS

Naoki TAGASHIRA, Masayuki EBIHARA, Satomi KATSUYAMA, Toshiaki ISHIMOTO,
Yasuharu SATO, Teruaki KITAGAWA

There are some issues caused by rural depopulation and overconcentration in urban area. This study aimed to consider for solving these social issues with mutual society using both properties. First year in this study, we discussed with local stakeholders in the 3 study sites. Based on discussions, we examined i) feasibility for carbon neutral plant factory using biomass boiler, ii) 2-step guidance for rural migration using web seminar and real experience on site, iii) local administrative service support by disaster prevention application. In the next year, we will hold a trial or symposium of contents that considered in this year.

第15回 EDO ART EXPO 共催イベント

「第9回江戸東京・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～」

開催報告

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～」は、2013年に当社の株式会社設立50周年を記念して始まりました。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、舟の上から分かりやすく案内するものです。2020年はコロナ禍で中止、2021年はオンラインクルーズとして動画を公開、2022年度は対面式としては3年ぶりの開催となりました。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する土木広報の場であり、また、ガイドを務める土木技術者にとっても、総合的な知識を学び、お客さまに分かりやすく説明する能力を高める、人材育成という大きな目的があります。

今回は9月30日(金)、10月1日(土)、10月7日(金)の合計3日間で、2コース6便を運航しました。感染症対策として、乗船いただくお客さまは定員の半数としました。定員の合計30人に対し、応募は397人となり、厳正に抽選を行いました。

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。

コース2は片道コースで、1便目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、扇橋閘門を通りま

す。2便目は逆コースです。

乗船されたお客さまからは、「歴史、橋の構造まで大変分かりやすくガイドしていただきありがとうございました」(40代・神奈川)、「専門的な話が聞けたことが単なる観光ではない知的な時間の共有ともなりました」(50代・東京)、「川から堤防を眺め地形との関係、潮位など影響することを専門家から学ぶことができ大変よかった」(60代・東京)などの感想をいただき、全員が「今後も参加したい」とのことでした。

ガイドを担当した土木技術者の感想

●普段、われわれは発注者の方に説明する機会ばかりですが、このイベントは直接、住民の方々に説明する場です。その方々に、土木施設の魅力、歴史、存在意義をいかに興味を持って少しでも理解してもらえるように説明するかということは、コンサルティングという観点でとても重要だと感じました。(専門分野:橋梁)

●ブラタモリを見ていた方がいました。土木の視点からのガイドとなり、内容が全く違うと言ってくれました。喜んでもらえて良かったです。治水の視点で話してしまいますので、自然環境や歴史の話は二の次になります。自然・歴史を大事にされる方もいらっしゃるの、言葉の選び方に気を使いました。(専門分野:河川構造物)

●この企画のために事前に調査をすることで、改めて勉強になりました。技術の背景や仕組みを分かりやすく説明することは、お客さまである発注者や説明会などでの住民対応に役立つと思います。業務に役立つというよりは、純粋に土木を人に分かってもらうことがどういうことなのかを実感できる貴重な機会かと思います。(専門分野:河川計画)

このイベントは、2023年度以降も継続して開催します。

以上

初期専門能力開発（IPD）による若手技術者の能力開発の仕組みの 全社的な導入について

実施報告

当社は、若手技術者の成長スピードを上げることと、国際的に通用する資質を有する技術者を育てていくことを目的として、初期専門能力開発（IPD：Initial Professional Development）による若手技術者の能力開発の仕組みを全社的に導入し、2022年度の試行を経て2023年度から本運用を開始しました。

1. 当社における技術者教育の現状

当社における技術者教育のスキームは、「人材ポリシー」や「CTI ヒューマンリソースマネジメント基本方針」に基づき、OJT(On-the Job Training)を基本としつつ、OFF-JT(Off-the-Job Training)としての体系化された各種研修により構成されています。しかし、OJT、OFF-JTともに、以下の2点が課題となっていました。

- ①技術者として有するべき資質の国際標準を意識したものであること
- ②資質獲得の到達点を確認するプロセスがないこと

また、当社では初期専門能力開発（IPD：Initial Professional Development）^{※1}を意識した「国土文化カフェ～未来を担うエンジニア入門講座～」を過去4年間試行してきました。受講者およびその上司に対するアンケートの結果、若手技術者にとって専門的学識以外の幅広い知識の習得に対するニーズは高いことが確認されています。

※1 初期専門能力開発（IPD:Initial Professional Development）とは、エンジニアリング系高等教育機関を終了した者が、独立して責任のある業務を行う技術士になるまでの資質・能力向上の活動と定義されています。2016年12月の科学技術学術審議会技術士分科会報告書において修習技術者が技術士を目指す活動として位置付けられ、第二次試験口頭試験においてその取り組み姿勢を確認することとされています。

2. 当社が導入する初期専門能力開発（IPD）のシステム

若手技術者の成長スピードを上げることや国際的に通用する資質を有する技術者を育てることを目的に、エンジニア教育の国際標準であるGA（Graduate Attributes）の強化とPC（Professional Competencies）（GAとPCについては参考資料2参照）の習得を能力開発の目標と位置付け、その習熟度を評価する仕組みを当社の「IPDシステム」として構築します。「IPDシステム」とは、高等教育機関を卒業した若手技術者が、技術的実務に就いてから技術士資格を獲得するまでの期間において、GAを強化しPCを習得するために行う活動（図1）を会社で支援する仕組み（図2）を指します。

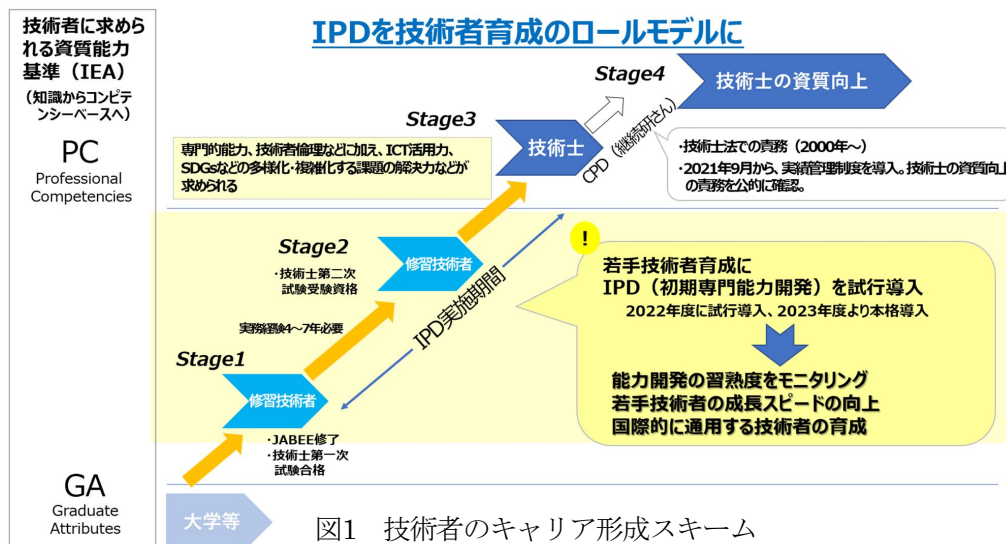


図1 技術者のキャリア形成スキーム

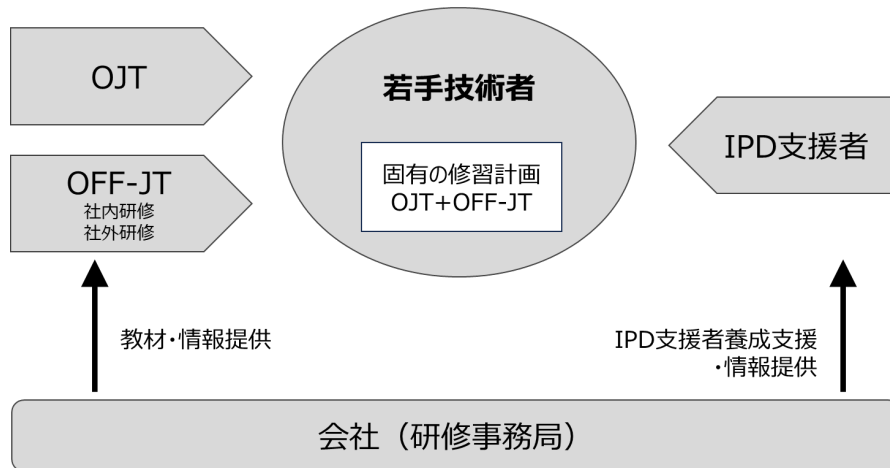


図2 IPDシステム

3. 国際標準に準拠した能力開発項目

若手技術者が習得すべき資質能力(コンピテンシー)について、IEA(国際エンジニアリング連合)が定めたPC(参考資料 2)を踏まえつつ、建設コンサルタントの業務特性を考慮し、5種類・27項目にわたる、独自の能力開発項目を設定しました。

1) 専門的学識(4項目)

インフラ整備に関わる技術者に求められる普遍的な知識・能力

2) コミュニケーションと協働(6項目)

あらゆるエンジニアリング活動のプロセスで、複数のメディアやツールを用いて、幅広いステークホルダーと明確で包摂的にコミュニケーションを行い、協働するための能力

3) 業務遂行能力(8項目)

専門的学識やコミュニケーション能力を駆使して、建設コンサルタント業務を遂行する上で求められる業務遂行能力

4) 業務管理能力(5項目)

建設コンサルタント業務をプロジェクトとして位置付け、プロジェクトを管理する能力

5) 技術者倫理(4項目)

建設コンサルタント業務を遂行する上で、関係法令などの制度が求めている事項を順守するとともに、社会の持続性の確保に努め、自らの判断と決定に責任を負うことを理解するための能力

4. IPDシステムの運用

1) 能力開発重点項目の設定

若手技術者の1~3年後の能力開発の到達目標を、若手技術者とIPD支援者が確認した上で、重点的に習得すべき能力開発項目を選定します。

2) 修習計画の策定

能力開発に必要な機会として、OJTとOFF-JTによる修習計画を策定します。OFF-JTについては、社内研修や外部のセミナーなどの情報を、研修事務局から提供します。

3) 修習活動のモニタリングと習熟度の確認

IPD支援者は、修習活動のモニタリングと習熟度の評価を実施します。

OJTのモニタリングは、ステップレビューや自己チェックの確認時、資料作成時などを活用して頻繁に実施し、結果を記録します。

OJTおよびOFF-JTによる修習活動については、四半期に1回程度1on1ミーティングなどを通じてモニタリングし、結果を記録します。

5. スケジュール

2022年7月~2023年3月 IPDシステムの試行

2023年4月~ IPDシステムの本格運用(人事考課の能力開発に反映)

以上

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」の出版と、これをテーマとしたオープンセミナーの開催

実施報告

1. はじめに

ユニセフが実施した OECD(経済協力開発機構)の調査では、わが国の孤独を感じる子どもの割合は約30%に達し、他国と比べて突出して高くなっていました。その一因として、子どもが外で遊べる環境が激減し、それとともに心身の成長につながる自然体験の機会が大幅に減少していることが挙げられます。

一方、遊び場を内包する社会資本整備のあり方に目を向けると、従来の計画・設計では治水などの主要な目的に対する機能や強度、安全性の確保などが重視され、そこでの遊び体験による心身の育成効果といった子ども目線の要素については触れられていないのが実状です。

「こども政策の新たな推進体制に関する基本方針～こどもまんなか社会を目指すこども家庭庁の創設～」(令和3年12月21日閣議決定)では、今後のこども政策の基本理念の一つとして「全てのこどもの健やかな成長、Well-beingの向上」が挙げられ、「全てのこどもが、安全で安心して過ごせる多くの居場所を持ちながら、さまざまな学びや、社会で生き抜く力を得るための糧となる多様な体験活動や外遊びの機会に接することができ、自己肯定感や自己有用感を高め、幸せな状態(Well-being)で成長し、社会で活躍していけるようにすることが重要である」とされています。

このような背景のもと、当社は、「子ども」の視点を踏まえた水辺空間のあり方やその利用方法についての重要性を認識し、研究開発投資を活用して2019～2020年に「水辺を中心とした子どもを育むまちづくりに関する研究」を行いました。本研究は東京工業大学の池田駿介名誉教授、仙田満名誉教授、お茶の水女子大学の内田伸子名誉教授、千葉大学の木下勇名誉教授からなる「子どもの水辺研究会」において意見をいただきながら進めました。

2. 書籍の出版

「子どもの水辺研究会」の成果をとりまとめ、2022年6月1日(水)に書籍として出版しました。

【書籍の概要】

タイトル：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

監修：池田駿介、内田伸子、木下勇、仙田満

著者：子どもの水辺研究会

編集：国土文化研究所

発行：技報堂出版株式会社

価格：2,200円(税別)

発行日：2022年6月1日



本書が子どもの成長や水辺空間整備について、関係するさまざまな分野の方々が一緒に考えるきっかけとなり、未来を担う子どもたちの健全な成長に貢献できることを祈

っています。

3. オープンセミナーの開催

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もらえ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。

2022年度は、2019～2020年に行った「水辺を中心とした子どもを育むまちづくりに関する研究」の成果を取りまとめた書籍、『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』の出版を記念して、第19回国土文化研究所オープンセミナー「子どもが輝く 水辺づくり、まちづくり～プレイフルインフラ(R)を考える～」を開催しました。

(1)開催概要

開催日時:2022年11月4日(金)14:00～16:45

開催形式:対面形式

会場:日本橋社会教育会館8階ホール

主催:株式会社建設技術研究所 国土文化研究所

後援:中央区

参加者数:74名

(2)プログラム

①研究の背景について

池田駿介氏(株式会社建設技術研究所 国土文化研究所 研究顧問)

②基調講演: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

土井康義氏(株式会社建設技術研究所 東京本社環境部)

③講演:川ガキの復活を目指して～善福寺川での実践と

プレイフルインフラへの期待～

中村晋一郎氏(名古屋大学 准教授)

④講演:外遊びから野遊びへ スクリーンからグリーンへ 誘うプレイフルインフラの役割

寺田光成氏(高崎経済大学 地域政策学部 特命助教)

⑤パネルディスカッション:「子どもが輝く水辺づくり、まちづくりのための官・学・民の役割」

【コーディネーター】池田駿介氏

【パネリスト】

内田伸子氏(IPU 環太平洋大学 教授、お茶の水女子大学 名誉教授)

木下勇氏(大妻女子大学 社会情報学部 教授、千葉大学 名誉教授)

仙田満氏(株式会社環境デザイン研究会長、東京工業大学 名誉教授)

寺田光成氏、中村晋一郎氏

⑥閉会挨拶

寺井和弘氏 株式会社建設技術研究所 国土文化研究所 所長

(3)講演内容

・研究の背景について(池田駿介氏)

コンピテンシーの定義、子どもの非認知能力(社会性、創造力、解決力など)の開発の必要性、プレイフルインフラへの期待が述べられました。



・基調講演(土井康義氏)

研究の主体者として、研究の背景と目的、研究内容、子どもの水辺研究会からの提案など、書籍の内容全般

について述べられました。



・講演(中村晋一郎氏)

善福寺川をフィールドとした、子どもたちを巻き込んだ川づくりの事例を紹介し、都会では人工系の水循環に頼らざるを得ない現実についても指摘されました。「100年かけて変わってきた川は、100年かけて取り戻す」という言葉が印象的でした。



・講演(寺田光成氏)

Society5.0に対応するPlay5.0(未来の遊び)として、自然の力による、自身で作り出す遊び(野遊び)の価値の見直しについて詳しく話されました。



・パネルディスカッション

研究に携わった先生方が一同に会して、熱い議論が交わされました。「社会の基盤は人であり、人を育てることが重要」「地域で子どもを育てるために、お節なおじさん、おばさんが声をかけられる社会に」「老人の、子ども時代の体験を生かす場をつくる」「子どもだけでなく、大人もプレイフルでありたい」「治水と環境はトレードオフではなく、多機能化で考えるべき」など、示唆に富む意見が多数あり、有意義な時間となりました。



・閉会挨拶(寺井和弘氏)

ご参加いただいた行政や教育関連の皆さま、子育てやまちづくりに携わっている皆さまに、子どもたちの外遊びの大切さと、それを支えるインフラとのあり方を考えていただく一助となることを願い、結びの言葉としました。



(6)来場者アンケート結果

アンケートの集計結果を次ページ以降に示します。

2022年度 第19回 国土文化研究所オープンセミナーアンケート集計結果

2022年11月4日(金) 14:00~16:45

「子どもが輝く水辺づくり、まちづくり ~プレイフルインフラ (R) を考える~」

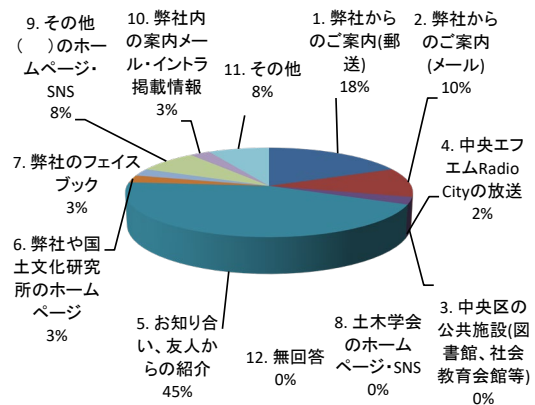
- 1) 研究の背景について 池田駿介顧問 (国土文化研究所)
- 2) 基調講演「子どもが遊びを通じて自ら学ぶ 水辺のプレイフルインフラ」 土井康義氏 (東京本社環境部)
- 3) 講演
 - ① 「川ガキの復活を目指して~善福寺川での実践とプレイフルインフラへの期待~」 中村晋一郎先生 (名古屋大学准教授)
 - ② 「外遊びから野遊びへ: スクリーンからグリーンへ誘うプレイフルインフラの役割」 寺田光成先生 (高崎経済大学地域政策学部特命助教)
- 4) パネルディスカッション「子どもが輝く水辺づくり、まちづくりのための官・学・民の役割」
コーディネーター→池田先生
パネリスト→内田伸子先生 (IPU環太平洋大学教授、お茶の水女子大学名誉教授)、木下勇先生 (大妻女子大学社会情報学部教授、千葉大学名誉教授)
仙田満先生 (株式会社環境デザイン研究会長、東京工業大学名誉教授)、寺田先生、中村先生

参加者数	74	社内	21	社外	53
回答数	38	社内回答数※	1	社外回答数	37

※質問(1)に「13. 弊社内の案内メール・イントラ掲載情報」、質問(5)-①に「4. 弊社社員」と回答された方の数としています

(1) 本日のセミナーをどのようにお知りになりましたか。

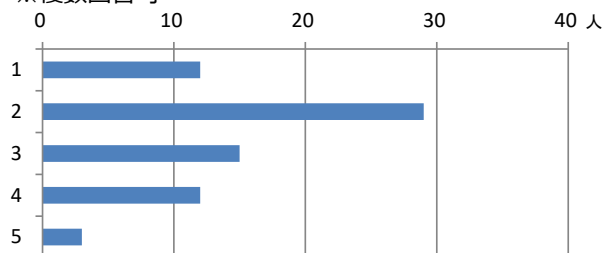
	件数
1. 弊社からのご案内(郵送)	7
2. 弊社からのご案内(メール)	4
3. 中央区の公共施設(図書館、社会教育会館等)	0
4. 中央エフエムRadio Cityの放送	1
5. お知り合い、友人からの紹介	17
6. 弊社や国土文化研究所のホームページ	1
7. 弊社のフェイスブック	1
8. 土木学会のホームページ・SNS	0
9. その他 () のホームページ・SNS	3
10. 弊社内の案内メール・イントラ掲載情報	1
11. その他	3
12. 無回答	0



5. お知り合い	・ 木下先生からの紹介、池田先生からの紹介 (2名)、大学の教授・先輩、大学の教授
9. その他のHP、SNS	・ 都市計画学会、寺田先生のHP・SNS、寺田先生のFacebook
11. その他	・ 隅田川クリーン大作戦運営の藤原様のメール、インターネット、こども環境学会メールマガジン

(2) 本日のセミナーに参加された動機をお聞かせ下さい。※複数回答可

	件数
1. 自己研鑽のため	12
2. 講演内容に興味があったから	29
3. 仕事や生活に役立ちそうだから	15
4. 講師に興味があったから	12
5. その他	3

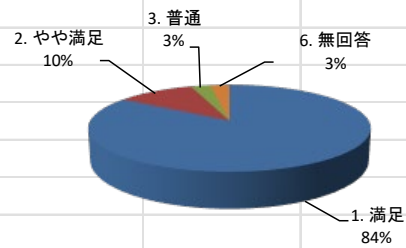


5. その他	・ 若手技術者育成 (小学校~若手社会人)、仕事や活動のヒントを得るため、内定先だから
--------	---

(3) 講演について

①「講演」に対する満足度

	件数
1. 満足	32
2. やや満足	4
3. 普通	1
4. やや不満	0
5. 不満	0
6. 無回答	1
	38



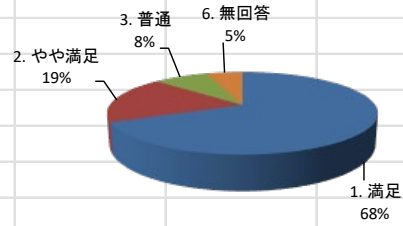
②「講演」に対するご感想、ご意見がありましたらご自由にご記入ください。

- ・“プレイフルインフラ”という言葉は初めて伺いました。コロナにより危機感を持っていると思いますが、本当に大切だと感じました。そもそも地域に自然（自由に出入りできるような）がありません。そのような地域での遊び場をどう作っていくべきか、悩みます。パネリストの先生方のお話、8分では足りません！もっと伺いたかったです。
- ・中村先生、寺田先生の研究と実践の現場を交えたお話、とても興味深く拝聴しました。
- ・地域ぐるみで子育てに関わるとい事が本当に大切なのだなと思いました。
- ・質問を受ける時間があるとよかったです。
- ・皆様の発想に感銘を受けました。実践と研究の裏付けが素晴らしい。
- ・中村先生、寺田先生のお話は気づかされることも多く興味深く聞くことができました。
- ・中村先生の都心部の川の現実や、寺田先生のplay5.0の話はわかりやすく興味深かったです。「プレイフルインフラ」という言葉や志向がどんどん広がって欲しいです。
- ・研究として机に向かい合うことが多いが、現場を見ること、人とかかわることの重要性を学んだ。善福寺川は家から10分でいつも3面張りの護岸を見てきたが、上流では様々な活動をしており、自身のまちを変えるお手伝いのであれば、お力添えをしたいと思った。
- ・興味深い内容で大変面白かった。
- ・子供の視点、具体的な活動報告、将来の課題などとても興味深く、未来への提言も含め、考えさせられた。
- ・こどもの遊びに対して「水辺」という切り口からのお話、とても新鮮でした。
- ・技術の方からプレイフルインフラという発想が出てきたことに明るい未来を感じました。もっともっと発信していただきたいです！
- ・「プレイフルインフラ」はとてもよいネーミングですね。
- ・楽しく遊びましょう！学びましょう！
- ・幅広い視点から解決への道筋が論じられていたように感じた。
- ・眠くならず聴くことができました。寺田先生の発表が面白かった。
- ・短い時間でしたが、多岐に渡る視点からの提言をありがとうございました。
- ・このまま時代の流れに身を任せた子供の生活環境でよいのか？改めて考えさせられました。
- ・分野ごとにテーマ、体験に基づいた話題があり、参考になった。

(4) パネルディスカッションについて

① 「パネルディスカッション」に対する満足度

	件数
1. 満足	26
2. やや満足	7
3. 普通	3
4. やや不満	0
5. 不満	0
6. 無回答	2
	38



② 「パネルディスカッション」に対するご感想・ご意見がありましたらご自由にご記入ください。

- ・ 仙田先生の遊びの行動分析、欧州・USAとの比較があると面白い
- ・ もう少し時間をとってもいいかも？
- ・ とても面白く学びが多かったです。フィールドの違う方々が同じ課題意識を持って未来のために話しているのは、いつまでも聞いていたいと思いました。もっともっと多くの方に届けたい内容でした。
- ・ 幅広い分野の先生方のお話で興味深かったです。
- ・ 時間が足りない。
- ・ 内田先生のお話が特に面白かったです。
- ・ 時間がもう少し欲しかった。
- ・ その場での会場とのやり取りがあるとよかった。
- ・ 内田先生の研究の説得力！仙田先生のデザイン行政のセンス！リスクの責任をどう考えるか 社会・地域のカ
- ・ やや時間が短かったかも。
- ・ 官学民の役割を議論するためには、もう少しリスクなどの整理が必要だったのではないかと感じた。NPO頼みでは行き詰りますし、官に頼っても限界があります。講演で紹介された実例をベースに議論を深めたほうがよかったのではないかと。
- ・ 皆さんの意見を聞いて新たな視点もあり面白かったです。「アップデートできる」場が増えると良いと思います。「禁止」をなくす、大賛成です。
- ・ 先生たちの意見が的を射ており、考えさせられることが多かった。今後の研究活動に生かしていきたい。
- ・ 子供から若手、大人までプレイフルインフラの概念を伝え、教育する大切さを知った。ありがとうございます。
- ・ 木下先生と寺田先生の掛け合いが面白く、笑いが起きました。
- ・ 将来を担う子供の未来に対する危機感に対して、老人世代それをつなぐ人々の必要性など、とても示唆に富んだ内容で、自分に何ができるかを考えることが必要と感じた。
- ・ 本2冊買います。
- ・ 女性の参加者（パネラー）がほしかったです。
- ・ 様々な意見がある中、方向性が示されていたような気がする。
- ・ いただいた回答が非常に勉強になった。
- ・ パネルディスカッションは短すぎると感じました。質問は講演を補足するもので有意義でした。
- ・ 専門家が3名加わり、プレイフルインフラについて深く理解し、今後の展開の参考になった。

(4) 今後、どのようなテーマのセミナーに参加してみたいですか？ご希望のテーマや講師がありましたらご自由にご記入ください。今後のセミナーの参考とさせていただきます。

- ・ 欧州大陸の運河の歴史と社会的効用。
- ・ WEBでも視聴できるといいです。
- ・ 土木の未来について考えるようなセミナーに興味があります。

- ・プレイフルにするための園庭や校庭などの具体的改修法など。
- ・アマゾンの評価にあるように森、林、海のプレイフルインフラは研究されますか？
- ・コミュニティが醸成されていくための要素。
- ・子供にとっての自然での体験遊びの重要性を知れた。今後は大人にとって、人の生活にとってなぜ水辺や緑が必要なのか。生活の中での位置づけや価値についてのさまざまな視点から知りたい。
- ・大人へのプレイフルインフラの教示について。
- ・維持管理、建物の保存・再生。
- ・建設技術研究所やインフラ整備の取り組みを知ることができるセミナー。
- ・考えやスキル、知見を紹介するセミナー。

◆あなた自身についてお聞かせ下さい。

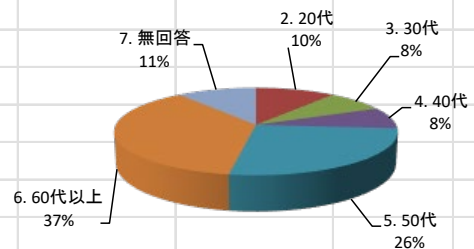
①お住まい

	件数
1. 中央区内	1
2. 中央区以外の東京都	18
3. 東京都以外の地域	14
4. 弊社社員	0
5. 無回答	5
	38



②年代

	件数
1. 10代	0
2. 20代	4
3. 30代	3
4. 40代	3
5. 50代	10
6. 60代以上	14
7. 無回答	4
	38



(7)オープンセミナー講演録

◇研究の背景について

株式会社建設技術研究所研究顧問 池田駿介氏

年配の方には聞き慣れないかもしれませんが、最近、教育界においてコンピテンシー(資質・能力)という言葉が一つのキーワードとなっています。これは OECD(経済協力開発機構)が提案したものです。これまでは、どちらかという知識を獲得することが教育において非常に重要でしたが、それだけでなく、技能、あるいはその態度を含むさまざまな心理的、社会的なリソースを活用して複雑な要求課題に対応することができる力、それがコンピテンシーと言われていました。そして、コンピテンシーの複合体として、人が生きる鍵となり力となる「キー・コンピテンシー」が各国で適用されて、人材育成の中で一つの重要なキーワードになっています。

わが国の、特に理工系の技術者に注目して、人材育成の流れとコンピテンシーの関係について少し考えてみますと、初等・中等教育ではキー・コンピテンシーの獲得が非常に重要になっています。ところが、わが国では野外における実体験が少ないという問題があります。高等教育や大学教育などでは、最近、GA(卒業生としての知識・能力)の獲得が目標になります。これは日本ではJABEE(一般社団法人日本技術者教育認定機構)という組織が推進していますが、これは単なる知識ではなく、GAという能力を獲得することが重要になります。

高等教育を卒業すると、若手の人材育成が重要になります。これは技術者でいうと「プロフェッショナルコンピテンシーを獲得すること」となりますが、わが国では、この段階の育成がやや抜け落ちています。そこで、最近、IPD(初期専門能力開発)が注目されており、制度化が検討されています。

技術士のように、認定された技術者になりますと、今度生涯を通じた CPD(技術者の継続的な専門教育)という能力開発が求められます。わが国で特に、「野外の実体験が少ない」「IPD」といったところが弱いと考えられることから、日本の人材育成において、強化をしていくべき

ところではないかと思います。

さて、プレイフルインフラに着目してみると、子どもの外遊びが激減しているといえます。プレイフルインフラで、特に子どもの非認知能力や社会性、あるいは想像力や解決力といったものを開発できるのではないかとというのが、研究における背景の一つです。これまでのインフラ整備というのは、どちらかというと、大人、もしかすると高齢者かもしれませんが、そういう方がたにとって「快適なインフラ」が重視されすぎて子どもの視点に立っていないのではないかと考えられます。これを、コンピテンシーと結び付けて、子どもの能力開発につなげることができるのではないかとというのが、研究の背景の一つです。

約9年間、研究所の技術者や外部の先生方のご指導を得ながら研究を進め、その成果を書籍『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』として取りまとめました。

◇講演 1「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」

株式会社建設技術研究所 東京本社環境部 土井康義氏

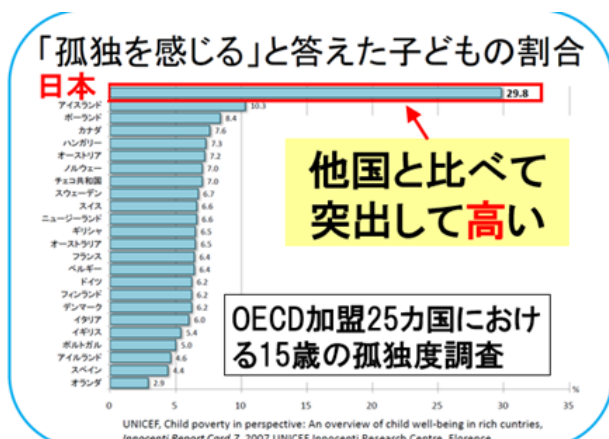
今回、『子どもが遊びを通じて自ら学ぶ 水辺のプレイフルインフラ』という本を出版しました。この「プレイフルインフラ」という言葉ですが、今回、新たに作った言葉ですので、馴染みがないかもしれません。「プレイフルインフラ」とは、ワクワク・ドキドキできるようなインフラということになります。例えば、子どもたちが川の中で、楽しみながら遊んでいるような環境などが挙げられます。東京都内の落合川という川では、今でも、そのような風景が見られます。そして子どもたちはこのような環境での遊びを通じて、いろいろな能力を身に着けているのです。

魅力的な水辺をつくるには、どのようなところに気を付けたらいいのか、なかなかわからなかったものですから、土木工学だけではなく、都市計画学や子ども環境学、さらには発達心理学という異色の分野を融合して、そのノウハウをまとめました。それが今回の書籍です。この書籍について紹介します。

最初に、なぜ土木の人間が、子どもに着目してこのような取り組みを行ったのかについて、「背景と目的」を簡単に紹介します。そして「川づくりのこれまでの歩み」を簡単に振り返り、メインとなる「子どもたちが遊び、自ら育つ水辺」とはどういうものなのか、また「プレイフルインフラとはどういう考え方なのか」といったことを紹介していきます。

また、水辺での活動を推奨していますが、水難事故はあってはならないことです。従って、「安心して遊べる水辺」の技術についても少し紹介し、最後に、私たちが所属する水辺研究会から皆さんへいくつかの提案をしたいと思えます。

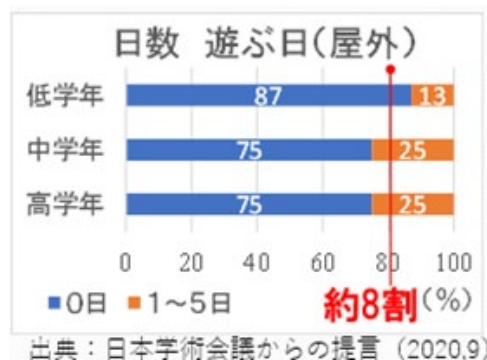
まず背景ですが、OECD 加盟 25 カ国を対象にした「15 歳の意識調査」を行った結果をみると、「孤独を感じる」と答えた日本の子どもたちは、他の国と比べて突出して高く、だいたい 30% くらいという結果になっていました。これはとても衝撃的なことです。この要因にはいくつかありますが、いろいろ調べると、自然体験や外遊びといった機会の減少が関係しているようだということが見えてきました。



その外遊びの環境を見てみると、昔は路地裏など、さまざまな環境がそのまま遊び場になっていたと思います。最近では車社会の普及とともに、細かな遊び場がだんだんなくなっています。安心して遊べる場所は、児童公園がメインになってくるので、外遊びができる環境は確かに少なくなっているのが現状だと思います。

また、2020 年に出された日本学術会議の提言によると、子どもたちが学校から帰り、「外で遊ぶ日数が 1 日もない」と答えたのは都市部ですと 8 割くらいにのぼります。

これがきっかけで体力の低下や他人と上手く付き合う心も育たずに支障が出ているという懸念が指摘されています。



また、関連する研究では、これが原因となり、心的な障害も誘発しているのではないかという見解もあります。

従って、外遊び、それから自然体験といったものの減少が、孤独感や内面的な負の影響をもたらしているのではないかと考えられます。

そこで、何か子どもの心を成長させられるような外遊びや自然体験の場所をつくれぬか、特に都市部ですととも身近な自然である水辺を対象にそのような場所をつくることで、土木の人間であっても、子どもたちの心身が育てられ、健全な発達に貢献できるのではないかと考えて、子どもが遊び、自ら成長できる水辺づくりというものを研究してきました。

川づくりのこれまでの歩みを少し振り返りたいと思います。1960 年代は、高度経済成長期や東京オリンピックが開催されたころですが、水質汚濁や河川の埋め立てといったものが盛んに行われて、子どもの遊び場の機能が失われていった時代だったと思います。1970 年代に入ると、一転して水と親しむ「親水」という概念が提唱されるようになりました。取り組みに積極的だった東京都江戸川区では、日本初の親水公園となる古川親水公園が誕生しました。1980 年代になりますと、まちづくりと一体となった河川整備が始まります。水辺 (waterfront) の復活の機運が高まり、またその流れから川づくり支援制度や、現在、盛んに行われているミズベリングプロジェクトといったものの先駆けにもなった時代でした。

1990 年代以降は、川本来の姿を重視した川づくりということで、例えば河川法の改正によって自然環境との調

和が生まれました。同じころ、子どもに関しては「子どもが遊ぶ川づくり」が行われるようになり、「水辺の楽校プロジェクト」や「子どもの水辺サポートセンター」の設立などといったことに取り組んでいました。

このように、振り返ってみると水辺づくりのハード整備には取り組まれていたものの、それらは子どもを視点としたものではなく、大人目線で計画・設計されていたものばかりでした。また、ソフト面についてはサポート体制の充実を図ることがメインであり、子ども目線や子どもに魅力的な水辺整備というものが、少し足りなかったのではないかとというのが課題としてありました。

以上を踏まえて本題に入りますが、本研究では「子ども目線での水辺づくり」を大きなテーマに据えて取り組んできました。手順としては 2 つあります。ステップ 1 として、子どもは水辺でどのような資質能力やスキルを育てているのかについて、心の声を読み取りながら探る作業を行いました。「子ども」そして「心の声」は、土木の人間からすると普段馴染みがなく少し苦手なところですが、ステップ 2 としてはステップ 1 の内容を把握した上で、そのために必要な水辺環境の条件とはどのようなものなのかについて物理的環境の観点で探っていくことにしました。こちらは、土木技術者の専門とするところですが、子どもの心理に紐づく物理的環境という観点では、非常に新しく面白い発想ではないかと思っています。

まず、ステップ 1 について、子どもは水辺でどのようなコンピテンシーを育てているのかということですが、実際、心の声や考えていることをどうやって探ればいいのかについては、私たちも非常に悩みいろいろと試行錯誤しました。

結論だけ言いますと、最終的に行き着いたのが、発達心理学の分野でしばしば用いられている「発話分析」という方法を採用しました。発話の中には、子どもたちの考えや心の声が出てきます。例えば、子どもたちから「すごいザリガニが出てきたけれど」とか「お、石が入っている」「やめろー」といったような会話が聞こえてきます。このようなものが発話となります。研究の中では、実際に子どもたちが遊んでいる川にいき、発話を地道に記録し、その中に含まれている資質や能力スキルのキーワードとなる言葉

を拾う作業を行っています。



その抽出作業のイメージを簡単にいうと、例えば「冷たくて気持ちいい」「綺麗な石」のような発話があると、刺激を受けて感情を引き起こすような感受性を育てているのではないかと、また、「もう1回やりたい」という発話であれば、できるようになるまで意欲的に取り組むとか挑戦する力を身につけているのではないかとということが考えられます。さらに「ザリガニ見せて」であれば交渉力、「ジェットコースターみたいでしょう」であれば創造力、「靴の中に砂が入ったみたい。だから、水で洗っていたの」であれば物事を俯瞰的に捉えて改善する課題解決力といった能力を育てているのではないかと捉えていきました。

育まれる能力や可能性がある能力にはどのようなものがあるのかについては、文献などを参考にしながら拾っています。例えば大きな括りでは、自分と上手く付き合う力が 10 項目、他人と上手く付き合う力が 3 項目、知識が 4 項目、合計 17 項目を育成される可能性があるスキルとして整理しています。ここに挙げているのは、人の内面の力を表す能力になりますが、これらは一般的には非認知能力と言われており、IQ(知能指数)といった数値化できるような認知能力ではありません。実は IQ だけでは不十分であり、これからの子どもたちには非認知能力というものが不可欠なのではないかと言われています。

次に、フィールド調査を行う場所ですが、今回は自然体験ができる水辺をつくるのが目的ですので、「自然的な水辺」を主な対象としました。またその場所だけを見てみると、そこならではの良さなのか、あるいは他にもあるのかということがわかりませんので、比較対象として「人工的な水辺」と「自然的な公園」「人工的な公園」を追加して調査を行いました。なお、人工的な水辺については、流量がコントロールされている水辺として定義しています。従って、整備してあるところであっても、流量をコントロール

していなければ、自然的な水辺として扱っています。実際に実施したのは、自然的な水辺として落合川や野川、また、人工的な水辺として野々下公園ほか3カ所で調査を実施しています。

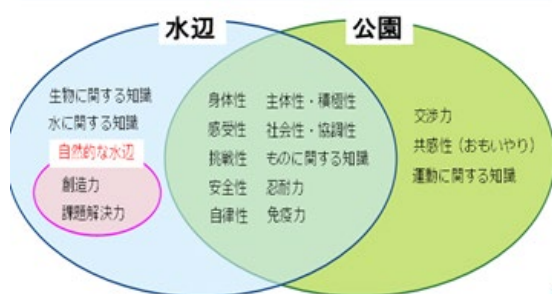
得られた発話から能力を集計した結果の事例を紹介すると、まず水辺と公園のいずれも同様に期待できるスキルには、身体性や感受性といったものが挙げられています。身体性は、身体を動かす経験の場があれば能力を育むことができ、感受性は気持ち良さや生き物の生命を感じられる空間があれば育むことができるので、水辺と公園のどちらにもそのような環境があることを反映している結果だと思えます。

一方、水辺で特に期待されるスキルは、創造力や課題解決力がありました。例えば創造力については、自然豊かな水辺には変化に富んだ環境がありますので、新しいことを生み出す経験の場になっているのではないかと思います。

以上を踏まえ、次の2つの結論が得られました。

1つ目は、能力や資質によっては水辺でも公園でも同様に育まれるということが分かりました。今回、特に見たかった自然的な水辺では、創造力や課題解決力といったスキルが効率的に育まれるということが明らかになりました。これらの力は、新学習指導要領で謳われている生きる力につながるものであり、非常に面白い結果が得られたと思えます。

自然的な水辺では、「創造力」や「課題解決力」を効率的に育めることが示された



続いてステップ2ですが、能力を育成するために必要な水辺とは、どういう場所なのかということです。方法として、先ほどの創造力や課題解決力などの能力を示す発話を確認された場所にもう一度行き、どのような環境になっているのかを探っていく作業を行っています。観点とし

ては、既存の設計指標への当てはまりの確認、そして子どもの視点として新たな指標がないかを確認しています。既存の設計指標、例えば流速や水際の高さなどについて確認した結果、ほぼ当てはまりました。従って、既存の指標は、子ども目線での環境をつくる上でも有用であることがわかりました。

それ以外の新たな視点では、「自由に動かせる自然の石がある」「水の中に入れる環境がある」といったような発話を誘発するような環境について、どのようなものがあるのかを拾いました。このようにすべてに関係する発話の中の7割くらいから要素を拾っていきました。

まず、「川や水辺での行動に関する条件」では、水の中を歩いて移動できる、自然の石を自由に動かせる、人びとが集まる広場がある、水のかげあいができる、水辺を移動できる小道がある、対岸にわたる小道がある、といったものがあります。

「川や水辺の環境に関する条件」では、流れが分かれている、石・丸い礫がある、連続した水際や植生がある、水際に土・泥が露出している、支川の合流がある、オーバーハングした植物がある、といったものがあがりました。

それから、一部重なりますが「動植物に関する条件」としては、水際に草が生えている、子どもたちが捕まえる魚がいる、そして「ソフト面に関する条件」として、休憩のベンチがある、サポートする団体がいる、といったものがありました。

詳細は書籍に記載していますが、子どもたちが遊び、自ら育つ水辺とは、①自分の意思で遊んだり動きを選ぶことができる、②石を自由に動かしたり変化を与えることができる環境がある、③流れがあつて多様な環境がある、④植物が生えていて多様な生き物と触れ合うことができる、⑤遊べる構造物がある、⑥人が集まる関係がある、⑦サポートする大人が集まる環境がある、といったことが見えてきました。これが2つ目の成果です。

そして、水辺について研究を進めていく中で、子どもたちはワクワクドキドキといった体験をしながら遊び、学ぶといった環境づくりが必要であるということが、見えてきました。この環境を、「プレイフルインフラ」という言い方で表現できるのではないかと考えました。



「プレイフルインフラ」とは、皆さんの生活基盤であるインフラに対して、子どもたちが遊びを通じてワクワクドキドキしながら自ら学び成長していく「プレイフル・ラーニング」といった要素を加えたもので、いわば子どもの遊びや学びを育む社会的な基盤としています。

この「プレイフルインフラ」が、具体的にどのようなものなのかという要素などを簡単に紹介します。水辺空間が持つ「プレイフルインフラ」としての特徴については、例えば、つながりを感じる空間とは、川は上流から下流までつながっており昔からその流れは続いているので、そのような空間的・時間的なつながりを感じられるといったようなことです。子どもたちは、未知の遊びによって冒険心をくすぐられるのではないかと考えられます。また、家や学校など、普段の街とは隔離された自然体験ができる空間があるということです。この空間で子どもたちは、生き物と触れ合ったり、水の流れを体験したりという特別感を味わうことができます。そして、水は起伏や地形で変化し、雨量によって流量が変化するなど、本当に変幻自在な顔を持ちます。このようなことを感じられる空間があることで、子どもたちは無限に創造的な遊びを生み出すことができると考えら

れます。さらに、ワクワクドキドキを体験する空間や開放感のある空間、危険に対処する力を身に着ける空間といったものが要素としてあげられます。「プレイフルインフラ」について整理をする際は、水辺空間が持つ特徴をしっかりと考えながらつくるのが重要だと思います。

プレイフルインフラとしての水辺が備える要素



水辺が「プレイフルインフラ」として備える要素として、大きく分けて 5 つを提案しています。まず 1 つ目は、川沿いや水辺に道があること。2 つ目は、水辺の広場があること。3 つ目は、水の中に入れる場所があること。4 つ目は、生き物と触れ合える多様性のある空間があること。5 つ目は、構造物や樹木などの景観の変化点があることで

す。このような要素を兼ね備えることによって、子どもたちはプレイフルインフラとしての環境を楽しむことができるのではないかと思います。

また、水辺を整備しても子どもたちが寄り付いてくれない、使ってくれないと意味がありませんので、もう少し視野を広げて街の中と水辺とのつながり、それをつなぐようなプレイフルインフラというのはどういうものかについては、4項目の要素をあげました。1つ目は、子どもたちが安心して歩けること、2つ目は、ところどころに人が集まり交流する場があること、3つ目は、道草ができるような自然が周辺にあること、4つ目は、地域の共同の場であること、となります。

なお、子どもの遊び環境には備えるべき遊環構造というものがあると言われていますが、今回提案したプレイフルインフラの要素は、遊環構造の要素も踏まえた形としています。遊環構造については、子どもが遊ぶ環境に必要な要素として7つ挙げられています。

プレイフルインフラは、子ども中心のインフラです。ただ、子どもたちだけでは危険な目に遭遇するなど、さまざまな壁にぶつかることがあると思います。そのような時には、大人のサポートが必要になると考えています。そのため、大人の見守りの目が届く環境づくりとサポーターの育成、さらに、サポーターの活動拠点となる場所の整備といったことが必要になると思います。それから多世代交流が活発に行われる地域づくりをすることによって、子どもたちの意見がそのまま反映されるような仕組みや子どもから高齢者までが共同でつくっていけるような水辺づくりの仕組みといったことも必要になると思います。

さまざまな育成効果が期待される水辺ですが、水難事故だけは起こってはいけません。水難事故に遭わないように、いろいろな取り組みや方法が提唱されてきていますが、子どもたちはルールを守らずに遊びにいってしまうことがあります。いざというときに命だけは守れるようにするために、リスクマネジメントとして、例えば背浮や着衣泳を着用するといったことを事前に学んでおくことをお勧めしています。それから水難事故から身を守るためのツールですが、公益財団法人河川財団がホームページ上で掲載している『全国の水難事故マップ』や、国土交通省と河

川財団から発行されている『水辺の安全ハンドブック』などといった情報がいろいろあるので、ぜひ有効活用していただきたいです。また、ライフジャケットは必須のツールとして着用し遊びにいてほしいです。

最後に、私たち「子どもの水辺研究会」から、子どもの心身を健全に育成していくために必要な提案を5つさせていただきます。

まず1つ目として、未来の子どもたちのために、川づくりをする際には子どもの視点を取り入れて考えてあげてほしいと思います。水辺の整備はどうしても治水や利水が優先されています。子どもが遊べる環境というのは今まで二の次でしたし、配慮する際においても大人目線でつくってしまったというのが現状だったと思います。ただ、将来にわたり子どもたちが水辺ならではの体験を続けられるように、子ども目線で川づくり、そして子どもが自ら動いて恩恵と危険の両方を感じていけるような川づくりをしていただきたいと思っています。

それから2つ目として、水辺空間の価値を評価する際には子どもの心身の育成といった要素を踏まえて再評価していただきたいです。今回の研究により、自然豊かな水辺では創造力や課題解決力といった生きる力を育む効果があることがわかってきました。水辺空間の整備にあたっては、これは非常に重要な要素ですので、このような価値も考慮しながら進めていただければと思っています。

そして3つ目として、水辺を整備する際にはプレイフルインフラの概念をぜひ取り入れていただきたいと思います。魅力ある水辺は、子どもたちにワクワクドキドキしながら遊んでもらうことで、初めてその効果が発揮されます。そのような観点で今回プレイフルインフラの要素をいくつか紹介しました。今後、水辺空間を作る際は、この要素を取り入れながら、子どもたちがあふれかえるような水辺空間をつくっていただきたいと思います。

4つ目として、子どもたちの水辺遊びの活動を支えるような、地域の力を育てていただきたいと思います。子どもたちがのびのびと遊ぶためには、ハード整備だけではなく地域の皆さんのサポートが必要です。遊びを教えることも大切ですし、危険なことを教えることも、もちろん大事です。そのような見守りの目、それを大人あるいは高齢の方

に担っていただければと思います。このような仕組みがあることで、世代を越えた交流が生まれ、地域のコミュニティ形成にもつながると思います。

そして最後の 5 つ目ですが、少し大きな話になりますが、これからの子どもの遊びを維持するために、「子ども遊び基本法」の制定と「子どもの遊び環境マスタープラン」を作成していただきたいです。マスタープランについては地域ごとに具体的につくっていくといいと思います。

◇講演 2「川ガキの復活を目指して～善福寺川での実践とプレイフルインフラへの期待～」

名古屋大学准教授(名古屋大学 大学院工学研究科 土木工学専攻) 中村晋一郎氏

私は、名古屋大学で研究をしています。一方で「善福寺川を里川にカエル会」という市民団体の共同代表という別の肩書きがあり、10 年くらい東京を流れる善福寺川を対象に里川の再生をしています。善福寺川の上流部では「プレイフルインフラ」の条件にはほとんど入らないような、コンクリート 3 面貼りの河川になっています。その中で、子どもたちが生き物調査や水質調査をしています。では、こういう川を見た時に、どのように里川を再生していくのかを考えてきました。



いつも大学の授業では、こちらにあるような都市河川の写真を見せながら、違いを聞きます。学生は答えられません。それくらい東京の川は非常に個性が失われています。これは東京だけではなく、先日、フランスに行ってきましたけれど、フランスの都市河川も同じ状況にな

っているのを見て、「これは世界的な問題だろう」と思いました。川の壁面が切り立った護岸だと、当然、子どもたちだけでは入れないし、入ったとしても、もし豪雨があったらすぐ流されてしまい非常に危険ですので、とてもプレイフルとは言えません。



善福寺川は神田川の支流で 10km くらいの川ですが、その流域の大部分が杉並区に属しています。川は下流に行っても、両側の護岸はほとんどがコンクリートで、一部、自然護岸になっています。

東京を流れる善福寺川



「都市河川がなぜこのような形(コンクリート 3 面貼り)になっているのか」とよく聞かれます。それを話そうとすると、さまざまな知識も必要になってくるのですが、簡単に言ってしまうと、洪水を安全に流すためにこのような形にしています。「昔の善福寺川」のように一般的などこの流域もそうですが、もともと田畑があって森林があって、降った雨は地下に浸透します。そうすると川に出てくる水の量は当然少なくてすみます。地下に水がいっぱい浸透するので、川の流水も多くなります。しかし、高度経済成長期を経て、われわれが普段目にするようなコンクリートやアスファルトに覆われた流域になり、降った雨の大部分は直接川に流れてしまいます。今年(2022 年)にもあり

ましたが、善福寺川は頻繁に出水しています。おそらく、気候変動の影響で、今後その頻度が増えていくだろうと考えられます。

古老の矢嶋又次が描いた大正期の善福寺川の「風景画」や「言い伝え」によると、昔は湧水がポコポコと音を立てながら湧いていたそうです。しかし現在の東京では、大体がなくなってしまっています。書籍『水辺のプレイフルインフラ』の表紙は子どもたちが川流れをしている風景でしたが、善福寺川でも大正時代は子どもたちが川流れをしている絵が描かれていることから、東京でも、そういった風景が100年から80年くらい前にあったのです。しかし、今では水量が非常に少なく深く掘り込まれているため、子どもたちだけで川流れはできなくなっています。



源流 杉並の古老 矢嶋又次が描いた「風景画」平成24年 杉並区立博物館 発行



このような状況を何とかしようということで、「善福寺川を里川にカエル会(通称、善福蛙)」は、2011年の東日本大震災の後に、東京から何かできないかということで団体を立ち上げました。市民力によって善福寺川を里川に変えようというもので、入っているメンバーは、大学の先生もいれば中学校の先生、小学校の職員、技術者、編集者といろいろな方がいて、地元の方が大半ですけども、活動を行っています。どういった活動をしているかというと、

その川の課題を知ってもらうために見学会やシンポジウムをしたり、ビジョンづくりやワークショップを実施したり、出張授業で川の調査をしたり、最近でも小さな自然再生にも取り組んでいます。その中でも私たちが一番力を入れているのが、「川ガキの育成」、つまり次世代を育成するために小学校の出張授業を毎年行っています。活動を始めたときは、まず勢いがあることが重要なので始めたのですが、いろいろやっていくうちに、河道の中で子どもたちが自由に遊べないのは問題で、なんとかならないかと考えていました。出張授業では、小学校の子どもたちと川掃除をしています。東京では、一定以上の雨が降るとトイレの水が(直接)川に流れるため、子どもたちは流れてきたトイレトイレットペーパーも拾います。皆さんにこの話をすると非常に衝撃を受けますが、それが東京の川の実態です。この授業によって逆にさまざまな気付きもあって、この取り組みが広がっています。

その中で、私たちが注目したのが遅野井川です。最上流に善福寺公園があり、その間に上池と下池の2つの池があります。その間に、遅野井川という水路がありました。この水路も護岸が切り立っていて柵がしてあり、地域からほぼ忘れられた水路でした。



これを何とかできないかということで、2017年の私の出張授業の中で、子どもたちにどういふ川が地域にあったらいいと思うか、もっといふと、遅野井川の水路をどのように再生しようかということについて、当時の5、6年生110人に絵を描いてもらいました。しっかりとした絵を描いてもらったので、大人の誰かに伝えたいと思い、当時の杉並区長に絵と手紙を届けました。そうすると、区長が基本方針に掲げ、「水路を再生しよう」と動き出しました。2015～2017年には、子どもたちの発案なので空間設計やデザインプロセスに主役として関わってもらいながら、デザインを練り、どういふ空間でどういふところに何がほしいか、どういふことがやりたいか、といったことを反映しながら、設計

が進みました。

その結果、水路は素敵な水辺空間として蘇りました。東京に、子どもたちが学校帰りにパッとランドセルを放り投げて、靴を脱いでバシャバシャ入る風景は、なかなかないですが、杉並区という東京のど真ん中にそういった空間ができたというのは非常に誇らしくもあります。子どもたちだけでなく大人も水辺に帰って来ました。人が帰ってきたのは、非常に大きな話です。また、生き物も帰ってきました。このようなことが、小さな水辺ですが、非常に大きな第一歩としてできたというのは、私たちの活動で自負するところだと思っています。



しかし、問題もあります。この水源ですが、高度経済成長期に、東京の水道など水が足らなかった時には地下水を大量にくみ上げていたため、地下水位が下がり湧水がなくなりました。そうすると、湧水イコール川の水源ですので、川の水もなくなりました。そのため、今では善福寺川の水源に下水道の高度処理水を流していますし、他のほとんどの川も人工的に水を流さないと環境を維持できないという状況にあり、遅野井川の水源でも行われています。しかし、2018年に雷が落ちて、杉並区全体が停電になったため遅野井川では水がなくなり干上がってしまいました。子どもたちは前日まで、ばしゃばしゃと水に入

って遊んでいて「生き物がいる」と言っていたのに、たった一晩で水がなくなってしまうのは衝撃的な風景でした。これがリアルな東京の川の水循環の実態ですので、子どもたちが自由に遊べる河川や水辺の再生には、流域全体の健全な水循環の再生が不可欠であるということ、この時、改めて認識させられました。100年後や200年後の将来、子どもたちのために水を残すために、簡単ではないですが水循環そのものから考えていこうと思いました。



それ以降、多世代共創、ステークホルダー全体で関心を抱き広げる活動が進んでいます。徐々に活動が移ってきており、トヨタ財団から2020年度国内助成プログラムとして助成していただきながら、善福寺川において世代を超えた協働と環境再生事業によって、水辺ににぎわいを生み出す場づくり、人や組織のつながりといった仕組みづくり、気付きといった情報づくりをしています。東京の川に興味がある人は少なく、地元の方ですらその風景が当たり前になってしまっていて、川は良くなるということがなかなか分かってもらえません。川本来の価値を皆さんで共有し共感を得ながらステークホルダーを結び付けていき、故郷に対する皆さんの協力を還元し循環できればと考えて活動をしています。





最近の活動については、善福寺川沿いにカフェと道路があって、その下に川がありますが、それらは分断されています。そこでカフェから水辺まで連続させて一つの空間として利用できないかを考えました。カフェの前で、目の前の水辺で捕えた生き物をそのままカフェの前に展示し、さまざまな人たちに興味を持ってもらうことができました。また、その流域の水循環を再生しようとすると川の中だけではなく浸透量などといった全体を変えていかなくてはいけないので、中学校の先生の協力を得ながら雨庭づくりを行いました。そして、仕組みづくりについても少しずつ動いており、流域に関わっている方たちと未来を創る会議を開催したり、いずれ感謝祭でお祭りができたらいいと思っています。また、水をめぐる相談所を設置し、一般の人が「水に興味があるけれど、何から始めていいのかわからない」という場合に対応する窓口をつくりました。情報づくりについては、つながりマップをつくったり、看板をつくったりしています。こういったことを少しずつやっけていながら、いろいろな地域の人たちに川や水辺に関心を持ってもらいたいと考えています。

最後になりますが、洪水の激化によって深く彫り込まれた河道や湧水の枯渇による水量の減少など、まずは現状の理解と共有が本当に大切だと思っています。例えば、「東京の川にはトイレの水が直接流れる時があります」と言われると、皆さんびっくりされますが、知ってもらわないと解決しようという大きなムーブメントにならないので、私たちにとって当たり前のことをいかに関心がない人たちにも知ってもらえるかが極めて重要ではないかと感じています。「遊びながらつくる・再生する」については、今の風景が 100 年かけて出来上がったことを考えると大正時代のような風景に戻すには、普通に考えて 100 年くらいかかるので、大きいことよりは小さいこと、できることからやっけていくことが重要で実感が伴うと思います。自分たちが手を

動かしながら変えていくというプロセス自体がとても重要です。楽しく実感してもらうことで、共感が生まれます。また、管理者である杉並区の理解と寛容さが非常に重要ですので、協力しながら成功体験を積み重ね、地域や市民、専門家が自信と力を育むことが大切だと思います。

また、100 年かけて変わった川を 100 年かけて再生することについては、健全な水循環の再生と都市の川の再生は表裏一体ですので、水が持続可能でない限り、川の持続可能性は担保されません。もっというと水循環を再生しようとすると、川だけ再生するというよりは、流域全体の水循環への理解とその再生というものを一緒に行っていかななくてはいけません。特に東京では「できない」と思ってしまうのですが、無関心が一番怖くて「どうせ変わらない」といった諦めも大きなハードルとなります。100 年かけて変わってきた川を 100 年かけて再生するために活動を継続していきますので、ご支援と議論をお願いします。

◇講演 3「外遊びから野遊びへ：スクリーンからグリーンへ誘うプレイフルインフラの役割」

高崎経済大学地域政策学部特命助教 寺田光成氏

外遊びが今後どうなっていくのかについて話をします。

さまざまな研究の一つのテーマとして、私は子どもの外遊びについて取り組んでいますが、昔は地域全体が遊び場でした。皆さんの世代の中には、これを感覚的に思っている世代、そうではない世代がいると思いますが、100 年前の研究では、地域全体で遊んでいる子どもたちについて報告されています。私は、松戸市岩瀬自治会集会所の2階に住んでいますが、町内会館に住みながら研究や地域活動の支援をしています。建物の後ろには森がありますが、境にあるフェンスを登って遊びに来る子どもたちがいます。子どもたちが遊び始めると、地域の人たちは「私たちが昔、遊んでいたからいいのではないか」という人がいる一方、「何かあったら怖い」ということで禁止事項の看板を設置するといった動きにもなります。子どもたちは禁止されて何をしたかという、その 2 年後に、地下に行き遊び始める子どもも出てきました。暗渠に潜り込んで遊ぶ子どもたちが相談に来て、最終的に彼ら

は3週間ほどかけて全長4kmの暗渠を制覇し、最後は中川に行き着くという遊びをしていました。



しかし、こういった子どもは減ってきていて、昨今見られる様子の一つとしては、公園でブランコに乗りゲームをするといったような風景も見られるようになりました。このような風景を見て皆さんは外遊びと思いますか。私にとっても常に問いかけてくる風景ではあります。よく自治会館に来ていたK君という小学生がいて、ある日、私に「公園はアップデートされないの」といつてきました。どういう意味かを聞いてみると、「ゲームであれば砂漠はすぐ元に戻るし、いろいろなステージが出てくるでしょう。でも、何で公園は何も変わらないの」といった問いを投げかけてきました。私は答えられなくて、「お金がかかるからだよ」という話が終わってしまいます。公園にいる子どもたちがゲームで遊んでいる空間は、バーチャル空間、つまりプログラマーの人たちが常に作り続けている遊び場で遊んでいるのです。

これから、外遊びに関わるものとしてプログラマーの人たちに負けないプレイフルインフラを作っていきたいということをお題に話をします。具体的には、2つあります。1つ目は、子どもたちはどのように遊んでいるのだろうか。2つ目は、未来の子どもたちがどのように外で遊べるようになったらいいのか。この辺りを皆さんと一緒に考えていきたいです。

外遊びを考えるのも、子どもの育つ環境の何かがおかしいと大人たちが思っているからです。

内閣府が数年前に出した社会ビジョンの動画の中で、「人類はわずか数万年で社会を築いた。そこにはいくつも挑戦と挫折があった。しかし、家族や仲間とともに乗り越え続けた。それこそが人類の英知。一步ずつ前へ。そ

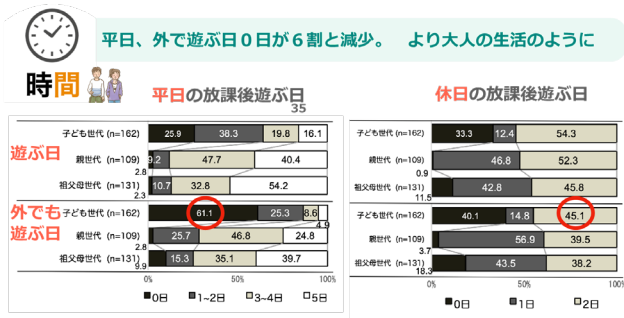
の積み重ねが科学技術を進歩させた。新たな社会はすぐそこだ。人類には夢を実現する力がある。一人ひとりが社会に参加し続け、たくさんの幸せが実現できる社会『Society5.0 未来社会』。さあ、地球の未来をともに切り拓こう」というメッセージを投げかけています。これは、社会はこれまで発展し、今後数10年をかけて、この国をどのような社会につくりあげていきたいかを述べたものになります。「Society5.0 未来社会」とはどのような社会かといえますと、さまざまな制約から開放され、誰もがいつでもどこでも安心して、自然と共生しながら価値を生み出す社会と書かれています。つまりさまざまなインフラの整備や事業は、ここに向けて行われると考えていただければいいと思います。では、この未来社会となる Society5.0 の遊び、つまり play5.0 は、どのようなものかについて定義してみました。「さまざまな制約から開放され、誰もがいつでもどこでも安心して自然と共生しながら、自分自身の価値を生み出す社会遊び」となります。では、現在の遊びを play4.0 とします。こうした場合、どのような実態と課題があるのかを見て行きたいと思います。まず、子どもの遊びについての考え方については、「遊びのま・ほう」ということを意識して考えるといいと思います。子ども遊びには「ま・ほう」によって成り立っていますが、「ま」というのは「さんま」といい、時間や空間、仲間を指します。そして「ほう」ですが、「遊ぶ方法」のことを指します。この「ま・ほう」がどうなっているのかを調べることによって、現在どうなっているかを示していくこととなります。結論から申し上げると、play4.0 ではさまざまな制約の中で、子どもは限られた時間や場所で安心して自然と距離をおきながら、決められた価値に基づいて遊んでいるといったことが見えてきます。

農村での子どもの外遊びの実態は？

※ 親・祖父母世代は、子ども（小学生）時代の遊びに関して

調査日程	2018年12月7日-12月18日		
対象者	小学生児童(187名)とみなかみ町で育った親、祖父母		
	子ども世代	親世代	祖父母世代
有効回答数(率)	161(86.1%)	109(58.3%)	131(70.1%)
対象年齢	6歳から12歳	20代から40代	50代以上





2018年に、小学生児童187人と群馬県みなかみ町で育った親・祖父母を対象に行った調査では、「子どもたちはどのように遊んでいるのか」や「お父さん、お母さん、そしておじいちゃん、おばあちゃんが子どもだった時にどう遊んでいたのだろうか」といったように、それぞれの子どもの時代を比較したデータを取りました。これによると、先ほどの「遊びのま・ほう」の「ま」では、子どもは平日の放課後に外で遊ぶ日数について0日が約6割と親や祖父母世代に比べて大幅に減少しています。ただし、休日は半分近くの子どもの外遊びをしています。この結果をみると、「サラリーマンみたいで、大人と変わらない」と、地域の人は言っていました。子どもに聞いてみたら、「周りに誰もいないから外に出る理由がない」と答えました。「遊ぶ友だちがいなくて2割いますが、1人で遊ぶことが好きな子どももいますので、一概に悲しいことだとは言いきれませんが、実際には遊びの集団も減少しています。ただし、遊びに行く手段としては、農村の結果ということもありますが、6割近くが「うちの人の車で送ってもらわないと遊びに行けない」といった状況にあり、気軽に遊べないのです。子どもたちに聞くと、「(私と友だち)みんな習い事がなくて、おじいちゃんが大丈夫な日でない」と遊べない」といった声が聞こえてきました。

なかなか気軽に遊べない遊びの場という空間は、私的空間とか公園に過度に集中し、それ以外は減少しています。具体的にいうと、農村は自然が豊かですが、こういった場所は田んぼで若干遊び場として認識されていますが、それ以外はほぼ機能していません。では、どのように遊んでいるのかというと、遊具が整備された公園で遊んでいるといった実態があります。つまり、遊びの空間とは「弱まる自然の遊び場」としての機能であるということです。かつては、すべてが遊び場だったので、認識されてい

ないという状況があります。結局、公園みたいな誰もが遊べるような場所で遊んでいるのです。



富田雄輔、寺田光成、ERMILOVA Mariia、木下 勇：外遊び「ゲーム」に～ぼくが公園にもどれなくなったわけ～、こども福祉学会研究Vol.17 (1)、p55

次に、「ほう」ですが、ゲームがすごく人気で、この力は強いということが見て取れます。富田さんという方の長男と話し合いながらつくったものになりますが、現在の子どもの遊びの構図となります。ゲームをやりながらYouTubeを見るとゲームの解説動画が上がっていて、それを見て、またゲームをしようといった連鎖で遊びが成立しているそうです。いわゆるユーチューバーがプレイヤー、つまり遊びのリーダーとして機能しているという状況があります。また、ゲームの本質を詳しく見ていくと、世代によって結構変わっていて、私たちの世代は誰かのうちに集まらないといけなかったので「カセットを持ってAくんの家に行った」といったような話がありました。だから外で遊ぶきっかけにもなって広がりがありました。今では、オンラインで遊べるので、別に友だちの家に行かなくても家で遊べる環境が整いつつあるということです。子どもに「川や森で遊ばないの」と聞くと「えっ、遊べるの。川や森で遊ぶことは考えたことがない」という答えが返ってきました。現在では、川遊びは認識していないという実態があります。



自然とのかかわり合いについては、体験量が減って

るだけではなくて、子どもだけでの体験量が著しく減っており、大人と一緒にサポートしなければいけないというのが現状です。自然体験をするとなると、どちらかというとバーチャル空間のほうが先行していますが、例えば、多くの子どもたちは「あつまれ どうぶつの森」という人気のソフトで魚釣りを知ったり、「フォートナイト」というゲームで秘密基地をつくったり戦っていますし、「マイクラフト」というゲームで基地づくりをするといったことが、私の住む地域の子どもたちに多く見られました。

「マイクラフト」のゲームの中でつるはしという道具が出てきますが、子どもたちは使ってみようというので、公園の土を彫ってみました。都市公園法では土を掘ることを禁止していますので終わってから均しました。このようにゲームの方がむしろ現実の体験よりも先行してきているというような実態があります。

現在は、学校や公園、家といった場所で、決められた価値や提供された遊びで遊んでいます。その中で、リスク社会、つまり不安共有社会の中で、何か起きたらどうしよう、だからやめておいたほうがいいのではないかと、いったことが存在します。こうなると、「特定の人や場所に限定して遊ぶようにしましょう、それ以外の場所では遊ばないようにしましょう」といった役割分担が進んでいきます。昨今、バーチャル空間で「いいね」というボタンがありますが、「いいよ」と評価された場所でないと遊べない遊ばないほうがいいという社会になっていて、子どもたちはそこでしか遊ばなくなります。

未来の遊び、つまり play4.0 から play5.0 に向けて、どのようにしていったらよいのでしょうか。そこで、改めて力となるのは自然であると考えています。自然の力による自分自身で作り出す遊びの価値の見直しが求められている昨今において、自然欠乏症候群と表されるように、自然が不足したことによる子どもたちの心身の不調が指摘されています。というのも、Society5.0 でみてきたとおり 250 年前、30 年前を経てこの社会にきているので、さらに、その前 1 万年前、250 年前、私たちは常に外で遊んできて、どこでも遊び場だったという世界観だったのですが、これがわずか 30 年、10 年で変わってきているのにすぎないです。身体に異常をきたしていることについて、

ボストン大学の心理学者だったピーター・グレイが、狩猟社会の遊びの様子を見て、「子どもは自主的な遊びと探索を通して、自ら教育するような自立した学び手になる」といっています。つまり、探索が可能な場をつくり出さなければいけないのか、ということです。つまり、現在の遊びに加えて、play1.0 や play2.0 の遊びの価値を改めて再認識していくことが重要ではないかということです。簡単にいうと、その場所に「遊んでいいよ」としてくれるプレイリーダーと呼ばれる存在をつくること。そしてプレイフルインフラをつくり出して、「こども遊べるよ」と言うことが大切です。本質的にはこういったことをしなくても遊べると理想ですが、役割分担が行き過ぎた現在では、プレイリーダーのような存在が社会的に配備される必要が出てきています。具体例には、冒険あそび場や道遊びと呼ばれる活動、農地でのいちごとりや水路遊びといった遊び方を伝えていくような活動、里山での保全については高齢の方がたが「子どもたちが遊ぶのであれば整備してあげるよ」といいながら生きがいとなり整備していく活動、幼稚園の園庭といった空間も改めて価値を見出すことによって整備した空間、水辺空間が、まさにプレイフルインフラに値するものと思います。

役割分担が行き過ぎていますが、改めて play5.0 の実現に向けて、さまざまな人が話し合いながら見直していくことが求められています。最後になりますが、プレイフルインフラの構造部分をつくり出すのは、空間デザイナーや技術者、子どもを含むすべての人だと思っています。皆さんとともにプレイするインフラをどうつくっていくかを考えていきたいと思っています。

◇パネルディスカッション

IPU 環太平洋大学教授、お茶の水大学女子大学名誉教授 内田伸子氏

大妻女子大学社会情報学部教授、千葉大学名誉教授 木下勇氏

株式会社環境デザイン研究所会長、東京工業大学名誉教授 仙田満氏

高崎経済大学地域政策学部特命助教 寺田光成氏

名古屋大学准教授 中村晋一郎氏

コーディネーター：株式会社建設技術研究所国土文化研究所 池田駿介氏

池田：「子どもが輝く水辺づくり、まちづくり」を推進するための方策について、皆さんと考えていきたいと思えます。それではまずこのパネルディスカッションから参加された内田先生、木下先生、仙田先生に話題提供をお願いします。

◇話題提供①「子どもの遊びと学び～人間発達における遊びの意味と意義～」内田伸子氏



文部科学省幼児教育課は 2010 年 7 月 28 日に、学力テストの成績の比較により、幼稚園卒の子どもは保育所卒の子どもよりも高いという結果を発表しました。これは幼児教育の大切さを証明した初めての調査であると、新聞各紙に発表しました。これに対応して教育社会学者の荻谷剛彦さんが「学力格差は経済格差を反映している。保育園に通う家庭の所得が低いためではないか」というコメントを教育欄に発表しました。これを見て、私は「本当だろうか」と思いました。私は、経済格差と連動していて、学力低下をもたらす真の媒介要因が隠れてしまい、それを検出しそこなっているだけではないかという疑問を持ちました。その後、国から文系としては破格の、非常に大きな研究費をいただくことができたので、この問題について徹底的にデータを取ってみようと思いました。日本や韓国、中国、ベトナム、モンゴルの大都市に住む 3、4、5 歳児の幼児、各国それぞれ 3,000 人、合わせて 1 万 5,000 人を対象に、すべて個人面接で読み書きや語彙(い)の豊かさなど、さまざまな調査を実施し、対象とな

った子どもたちが小学生になるまで全員を追跡して、小学校段階で学力テストを受けてもらいました。ほんの一部の結果をご紹介しますと、語彙の得点については幼稚園か保育園かという園種では全く差がありませんでした。そして、「子ども中心の保育」を実践していて、子どもの自発的な自由遊びの時間が長い幼稚園や保育所に通っている子どもの語彙の得点が高く、3 歳よりも 4 歳、4 歳よりも 5 歳と、その差がどんどん開いていくという結果になりました。

また、首都圏で 23 歳から 28 歳までの息子や娘 2、3 人を育て上げたご家庭を 2,000 世帯抽出してウェブ調査を行いました。そうすると、息子や娘が受験偏差値で 68 以上の難関大学学部を卒業していて、司法試験や外交官試験、医師国家試験など最難関国家試験に合格していないと就けない仕事に就いている家庭は、就学前に思いつき子どもを遊ばせています。また、親は子どもと一緒に過ごす時間が多く、絵本の読み聞かせにも注力しているので、大人になった今も文庫本を持って通勤しているように本好きの大人になっているのです。子どもの趣味や好きなことに集中して取り組ませたいという家庭が多く、また共有型しつけも多かったのです。つまり、子どもと一緒に楽しい経験を共有したいと思って育てている親は、優位に多いということが明らかになりました。子どもたちが小学校になって、PISA(国際学力調査)型学力テストを受けてもらったところ、幼児期の絵本体験が豊かで語彙が豊富な子どもや造形遊びやブロック遊びが多く手先が器用に動く子どもの PISA 型学力が高くなるという因果関係が検出できました。韓国(ソウル)の結果も、モンゴル(ウランバートル)やベトナム(ハノイ)も同じ結果が出てきました。幼児期に共有型しつけを受けた、子ども遊びを大事にする「子ども中心の保育」の幼稚園や保育所で育った子どもの PISA 型学力が高くなるということで、しつけスタイルや保育の形態は、親がコントロールできる要因ですから、とても希望の持てる結果が出ました。

いろいろな調査をしたのですが、合わせてみると遊びを通して子どもはアクティブラーニング(「脳働学習」という漢字を使っています)します。遊びというものは仕事に対立する概念ではありませんし、怠ける者を意味するもので

もありません。幼児にとっての遊びとは自発的な活動であり、頭が生き生きと活発に働いている状態を指しています。漢文学者の白川静さんは、「遊びとは絶対の自由と豊かな想像の世界」と定義しています。叱られながらやった勉強が身に着かないのは、扁桃体で緊張不快感を覚えると、海馬で失敗経験がよみがえって、頭が真っ白になって働かなくなるといった状況になるからです。「楽しいな」「面白いな」といって快適な感情状態にあるときには、ワーキングメモリーに情報伝達物質が送られ、海馬を活性化して情報を記憶貯蔵方向にどんどん蓄えることができ、「好きこそ物の上手なれ」という状況になります。自尊感情が育ち、意欲や探究心が育まれていきます。そして非認知能力、つまり AI(人工知能)に負けない力だと思いますが、それが育まれます。非認知能力というのは知能検査や発達検査などで測定して数値にすることができる認知能力が含まれます。IQ(知能指数)は将来の学歴や年収をどのように予測するかという、大きな縦断研究がアメリカで3つ行われていますが、いずれも「NO」という結果となりました。社会を生きていくときには、IQ だけでは不十分で非認知能力がないといけません。非認知能力というのは、他人と付き合う能力、社会性、社交性、感情を管理する力、目標を達成する能力、実行機能からなります。非認知能力の獲得は、子どもがより年少の時点、特に幼児期から小学校低学年の経験、生活や遊びによって決まるというデータは、昨年、耳塚寛明さんたちが発表した『学力格差への処方箋』(勁草書房、2021 年)に詳しいデータが報告されています。

水を題材にした遊びについて2件ご紹介します。



昨年(2021 年)、宮城教育大学附属幼稚園の公開研究会に招かれ、午前中は子どもの遊びを観察させていただきました。宮城教育大学はお庭が素晴らしく、ピオトープもあります。ふよふの森という、ふよふの滝から流れる水や水辺で子どもたちが面白い遊びをたくさんしているのですが、もう一つ見た遊びがあります。

『るいちゃんという女の子が、広口びんに水を入れて手を入れます。びんのわきから観察してびっくりしています。この後、3 度繰り返しました。まるで実験しているようでした。手が大きく見えることを確認し、「よし」というような満足そうな顔でうなずきました。そばにいたひとみちゃんに、「ほら手を見て、こんなにちっちゃいでしょ」というと、ひとみちゃんはずきまします。るいちゃんは、ひとみちゃんがよく見えるように、広口びんに自分の手をそろそろと入れて、違いを見せています。ひとみちゃんは気がついて、「あっ」と驚いた表情をしました。そうしたら、るいちゃんは「ね、ほら。魔法で手が大きくなった」といいました。るいちゃんとひとみちゃんは顔を見合わせ、笑いました。この2人は大発見を共有して喜びで顔は輝いていました』。これはまさに、非認知能力が育まれていると思います。

もう一つは、ニュージーランドのパーマストンノース郊外の子ども園で観察したものです。2017 年にコロナ前の NZ で保育調査をいたしました。

1つの事例としては、日曜日にキャンピングカーに乗って家族で森の湖にピクニックに出かけた時、5 歳の男の子は遊歩道にとっても感激したそうです。そして、月曜日から湖と遊歩道づくりに取り組みました。1日に1時間近く、他の遊びには目もくれずに作っていました。実は金曜日に私は観察に行ったのですが、他の子はいなかったのですが、この男の子は、「ぼくは遊歩道を作りたい」といって残り、ひとりで黙々と遊歩道の建設工事に取り組んでいました。「ちょっと重たいかな」と言いながら、月曜日から木や石を並べていき、池らしいものを作り、工事の中盤に欄干を設置していました。湖の遊歩道の小川の上にあった橋を思い出しながら、作ったようです。遊歩道が完全に完成し、5 歳の男の子はバランスをとりながら、とても楽しそうに歩いていました。自分が家族と体験した水辺での遊びを思い出しながら、子ども園のお庭に、湖を再現す

る遊びが行われていたのです。

このように子どもは水や砂にとっても興味を持ちます。特に、水辺の遊びは子どもの成長に欠かせません。まず、感覚知覚器官の感受性を高め、知的能力や運動能力の発達が促されます。そして、社会性の発達も促されます。さらに、危険回避や危機管理能力意識も育まれていきます。

川についてニュースで取り上げられるときは、悲惨な事故ばかりです。そのため、事故が起きないように川で遊ばないといった状況をつくるべきにも思えますが、かえってそうした禁止や遠ざけようとする働きかけが原因で、危険を実際に知り、対策ができる能力が育つチャンスを奪っているのではないかと思います。そんな中で、書籍『水辺のプレイインフラ』に出会いました。まさに課題を指摘し、具体的な対策をあげながら子どもの視点に立った「プレイフルインフラ」を創り出していくことが示されています。ゲームばかりの現状に対し、環境が楽しく働きかけていく遊び場が重要であり、自然、ひいては川がそのような場になると改めて感じました。今回は、そういった実践事例集や森や林にフォーカスしたものがあるといいと思います。

◇話題提供② 「子どもが安心して遊べるように」木下勇氏



危険回避については、夏になると毎年のように水辺の事故がニュースになります。最近の事故を見ていると、幼少期から水辺の恐ろしさを知らないために起こっている事故が増えていると感じました。本書の 7 章の中に、「そこで安心して遊べるように」というテーマで書いてありますが、1 番目に子ども自身のリスクマネジメント能力というも

のの大事さ、それを身に着けていく幼少期について、2 番目に川と海のどちらにも共通する、地形による危険な状況を読むという力について話をします。

危険な状況を読む力というのは、小さい時から経験していく中で身に着いてくるもので、地域の中でも「あそこは危ない」「あそこは水の流れが強い」という伝承があります。そのようなことも安全な環境をつくる上で大事なことです。しかし、最近そういういったことも弱まっています。だから 3 番目に地域の目を入れています。もう一度、大人も川に関わり、地域で見守る体制をどうつくるかということが大事だと思います。

寺田さんは私が千葉大学で教授をしていた時にドクターをとった最後の学生ですが、確かに、彼がいうように子どもたちは川よりもゲームで遊んでいる。そのゲームをしている中で、例えば、つるはしがどのようなものかを、実際に持って土を掘りたいといった感覚を持つようになります。しかし、川については実際に飛び込んだりすると命取りにもなる恐ろしさがあります。小さい時から経験して、川の恐ろしさを知っていくといった子ども自身のリスクマネジメントの遊びが大事です。

そのように、子どもたちは特に先進国では過保護になっており、これをバブルラップキッズといいます。プチプチの梱包材で包装され、梱包されるといったように大事に取り扱う子どものことを指すのです。特に車社会のアメリカやオーストラリア、イギリスなどでは、移動のたびに車に乗せられるため、バックシート・シンドロームともいわれるような、社会性を欠いて、身体的にも肥満の症状の問題が、以前から提起されています。そのような状況に対して、Tim Gil というイギリスの子ども遊びの専門家が No Fear (恐れなくて) という本を書いて、警告しています。その話を北九州市のある自治会の子ども部会で話をしたときに、質問で「それはハイリスク・ハイリターンということですか」と聞かれましたが、「リスクを回避することよりも、リスクを知ることが大事で、それを知った上で自分なりにチャレンジすることが大切です」と答えました。リスクを子どもから遠ざけるのではなく、リスクプレイの大事さというのが、世界の中では議論されています。公衆衛生が専門のカナダのマリアンナ・ブルッソーニは、公衆衛生からもリスクプレ

イの重要性をいっています。そして、イギリスの遊びの安全フォーラムでは遊具の安全性について、「リスクとハザードとを分けて、ハザードを除去するが、リスクも大事」とこれまで主張していたのが徐々にハザードも大事という論調に変わってきています。つまりハザードを知るということです。オランダの消費者団体は、「子どもたちには、もっと危険な遊びが必要」というキャンペーンを展開しています。

実は、このようなリスク、ハザードの完全除去を目指すよりもリスク、ハザードとは何かを知ること—これをリスクアセスメントといいます—の上でどう対応するか、個人では自分で対応していくこと、そして地域社会の対応というリスクマネジメントが大事です。特に水辺の場合、水は恐ろしいです。いったん沈んでしまったら、息ができなくなり慌てます。慌ててパニックになると、余計に沈んでしまいます。しかし、人間の体は水分でできているので、身体の一部は自然に水から上に出て浮きます。ですので物理的にはその水から上に浮かぶ部分に口さえ出していれば助かります。ふとんに寝るようにあおむけになって水に浮いている状態を背浮きといいます。赤ちゃんはお母さんの胎内にいる時から羊水の中において、その時から水の中にいましたので、その記憶が身体的に残っている時は怖がりません。もともと私たち生命の進化の過程では水の中の生物から始まっているので、DNA 的には水に馴染みがあるのです。よって恐れる必要なく、慌てないで浮くことが大切です。

私は海辺で育ったので、泳げなくても塩水ですからさらに浮きやすく、まず覚えたのはそんな背浮きです。力を抜いて浮く感覚を覚えるというのは、浮かんで空を眺めながらになるので気持ちよいものです。怖がると身体が硬直して沈みやすくなるので、怖がらないで、身体を自然に委ねる。そういう感覚は、子どもの時から身に付けておくことと、いざという時には慌てないので大事です。

この図は溺れた人がいる時には、ペットボトルを投げて、それを抱えてラッコのような姿勢にするということです。こういった、いざという時の対応を知ることや訓練することが大事なのです。事故で多いのは溺れた人がいるからと他の人が飛び込んで一緒に遭難して救助死となってしまうこともよくあるので、むしろロープ、それがなければしがみ

ついて浮くものを投げてやったりといった陸からの救助を考えることが重要です。

また、学校でも単に水泳の競技だけでなく、リスク対応を学ぶことも大切です。ヨーロッパなどでは、着衣で泳いだり、浮いたりといった訓練をしています。日本ではまだまだ少ないです、しかし、とても大事なことです。やっていくべきです。

また、水辺の形相の話ですが、宮沢賢治の『イギリス海岸』という本の中では、後半に安全に関する地域の目の話があります。このような地形を読むということは、今、NHK の番組でブラタモリがありますが、そういうことをみんなと一緒にやってみるのも、いい勉強になるのではないかと思います。

宮沢賢治の『イギリス海岸』の文章の中に、生徒と川に入って、川の侵食による地層断面を見たり、川の形相を学びながらも、水遊びに興じているところで、ときどき「変なおじさんが来る」と後半に書いているところがあります。文中に、「あの人は変な人だなど言っていたけれど、実は、皆が安全で安心して川で泳いでいられるように見守っている人だったのです。」と知ってから大いに反省しています。これこそが地域の安全であり、安全な川である社会的な「プレイフルインフラ」ではないかと思います。

◇話題提供③ 「こどもの遊びの空間」仙田満氏



私は子どもの成育環境についての研究を 50 年ほどしていますので、今日は子どもの遊び空間と水辺空間の重要性についてお話したいと思います。

先ほどのお話で、成育環境の 4 つの要素として、遊び場という空間、それから遊び集団という仲間、遊び時間、

遊び方法というものがありません。これは、子どもの遊び環境を捉えるのに、非常に重要な要素ではないかと考えています。

1970年に環境変化を60年代から調べている時、「子どもたちの成育環境の変化に非常に重要なポイントとなるのは、テレビや自動車の出現の2つが大きかった」ということに気づきました。私は建築家ですが、実際にモノをつくったり、あるいは設計したりする中で、遊びというのは、例えば「遊び人」といった使われ方をするようにあまり良い言葉ではなく元々大人社会では否定的な意味となっています。しかし、子どもにとって遊びは学習です。楽しくて夢中で繰り返される中で、さまざまな学習をしているのです。それによって獲得する5つの能力があります。

1つ目の「身体性」は、運動能力と体力があります。2つ目の「社会性」や3つ目の「感性」は、感受性や情緒性など、特に自然遊びを通して育まれると考えています。そういう点で、遊びの要素の中でも自然遊びならではないものというのは、「感性」の能力にかかわっているのではないかと強く考えています。

そして4つ目は「創造性」です。この4つの要素と、それを含んだ挑戦性という意味で5つ目の「意欲」をあげています。

遊びの原風景の研究では、1970年代に初めて「遊び空間の6つの原空間」という仮説を立てました。実は最初に「自然」「アジト」「アナーキー」「オープンスペース」の4つのスペースを考えていたのですが、調査をしていると、当然のことながら日本の子どもたちと遊びは、ほとんど「道」を媒介していたので、「道」の重要性、そして子どもたちが実際には遊んでいる「遊具」といった6つの原空間を1970年ころにつくりました。

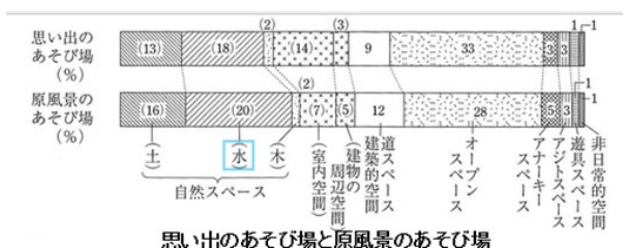
調査をしていた1970年ころの写真と2008年の写真を比較してみると、時代の変化があると思います。

1972～1982年の約10年間、日本大学の芸術学部で、学生たちにデザインを教えていたのですが、学生たちに、「幼稚園生のための遊具をつくる」という課題を出し3カ月かけて作成してもらいました。最初に子ども時代のプレイマップを描く課題を毎年出していて、その当時の学生が描いた大分県別府市では、川がかなり重要な遊

びの要素になっているということがわかりました。



このような原風景の研究をして、思い出の遊び場、要するに全国的に大人たちに子ども時代にどういふところで遊んでいたのかということいろいろ聞き出して、それを分析したものです。その中でも、自分にとって思い出が強い遊び場を「原風景の遊び場」としました。



思い出の遊び場と原風景の遊び場については、「自然スペース」が結構なボリュームで、3割以上と高くなっています。その次は「道スペース」が12%、「建築スペース」が12%と比較すると「自然スペース」が38%もあるというのは大きい。さらに「水辺スペース」が「自然スペース」の中の約半分くらいあったということです。調査をしたのが1970年代ですから、まだ日本全体に畦道の横の小さな小川が、あちらこちらにありました。それにしても水辺がこのように大きい割合を示していることに注目すべきです。

そこで、遊環構造という条件を導いたのですが、この中でもやはり水空間というのは、ある意味、重要な空間だと思います。水辺の空間というのは子どもたちの遊びの中心にするべきではないかと思っています。

最後にメッセージですが、子どもは親を選べないのと同様に、生きる場も選べません。生きる場を用意するのは、大人の責任です。子どもたちの未来は、日本の未来

でもあって、私たちは子どもを第一とする社会を築かなければいけないと考えています。「プレイフルインフラ」はこういうところに、非常に大きな社会的な合意が必要です。そのためには投資も必要で、日本の子どもに関連する投資は、世界の先進国の中でも下位に属しています。フランスなどに比べると約 1/3 くらいしかないと言われていますが、子ども家庭庁もできるという状況の中で、皆さんの意見を聞きたいと思います。

池田: それでは、パネルディスカッションに移ります。最初に「子どもの観点から、今後のインフラにはどんな姿を期待されているか」ということをうかがいます。



寺田: 先ほどの K くんのお話で、「公園は、なんでアップデートできないの」という言葉がありました。私はあの言葉が本当に真を表していると思いました。そこで思うのが、自分自身で手を入れて、アップデートすることができる場というのが、すごく必要なのではないかと考えています。つまり、何か触って何か変化する、その連続を保証していくような場づくりが、必要になるのではないのでしょうか。

池田: 大人の目線からいうと、きれいに仕上げるのがインフラだと思いがちですが、そうではなく、子ども目線からいうと、「何があるかわからない」「何が出てくるかわからない」というドキドキ感やワクワク感が非常に重要ではないかと思っています。

中村: まさにアップデートできるということが、そのものであるような気がしています。一方で、あえて土木的な言

葉を使うと、今までは道路であり、河川であり、水路であり、何かしら機能というものを想定して、それに対して B/C(ビーバイシー)がどう取れるかといった、ある意味、機能重視主義をとっています。結果として、余白がない、要するに動かせないといったインフラが生まれてしまったと考えると、多面的な機能を有したインフラを、特に土木技術者は考えていかなければいけないのではないかと思います。

池田: その議論は前にもあり、例えば調節池について考えてみると、昔は水を貯めるだけだったのですが、それに自然再生が入ってきて、さらに、例えば子どもがそこで楽しく遊べるといった機能も付加していくことが、これから重要になってくるのかもしれない。

仙田: 今の公園には、「禁止の看板」がものすごくたくさんあります。子どもたちはいったい何で遊べるのだろうかというくらい看板がありすぎて、特に水辺では、ほとんど禁止されているというのが現状です。それは、ある意味で大人の責任逃れというところもあるのではないかと思うので、そういったところを住民の皆さんやさまざまな関係者が、「禁止」をなくすということにも知恵を絞っていくことが重要ですし、そのためには「プレイリーダー」が必要です。

木下: 「プレイフルインフラ」という発想が、池田先生や土井さんなど土木の専門の方から出てきたことが驚きでした。というのは、われわれは専門用語で、社会基盤やソーシャルインフラという、鉄道や道路、上下水道などといった基盤のことで、どちらかというとハードを指し、人間生活における社会生活の基盤という意味で理解しています。しかし、社会基盤といったときに言葉を知らないで、そのままイメージを受け取ると、活力や人ではないのでしょうか。明治期の教育、また江戸時代の寺子屋もそうかもしれませんが、アマルティア・センは、「明治期以降の基礎教育の普及に力を入れること、つまり日本の経済発展は教育にある。それが社会の基盤である」と説いています。土井さんが今日報

告してくれた将来危ういような子どもたちの状況にメスを入れていく、川のインフラと合わせながらやっていくというのはすごい発想だと思います。ですから、これからはハードだけではなく、人をどう育てるかです。教育もインフラであるとし、家庭や親、保護者だけでなく、子どもが育つ環境づくりこそがインフラだという考え方はすごいです。このメッセージをもっと、もっと強く国に働きかけていいのではないかと思います。

仙田:かつては日本にもプレイリーダーがいました。大正末期から昭和 30(1955)年ころまではいましたが、なくなってしまったのです。

池田:江戸時代に大分県に三浦梅園という人がいて、全国からきた人たちに人間教育していました。そういうことが、これから日本には求められているのではないかという気がします。

それでは次に、子どもが輝くインフラは、大人の観点から見ても魅力的なものであると思います。子どもが輝くインフラが増えると、社会はどのように活性化されるのでしょうか。

内田:都会の子育てを見ていると、孤独育てになっていて、「自分事」として抱え込んでいます。そして、今では地域の絆というものが、田舎の方でもなくなっています。もう少し地域全体で子どもを育てる、つまり、自分の子どもだけではなく、どの子どももみんなで育てるということを取り戻せないでしょうかと思います。これこそが、とても大事な気がするのです。沖縄では、助け合いの精神があって、困っていたら助けてあげるのが、ごく自然であるということを朝の連続ドラマで知ったのですが、たぶん所得からすると低いかもしれませんが、それよりも心の豊かさ、人と人とのつながりの温かさ、そして未来の文化社会を担ってくれる子どもを育てようという機運が醸成されていると感じます。日本は今、低成長の時代ですけれど、もうそんなにあくせく働かないで、大人も子どもと一緒に楽しむような、かつての雰囲気を取り戻していくことが必要な時代ではないで

しょうか。

池田:その通りだと思います。要するに、プレイフルインフラを通してコミュニティをどう再構築していくかということが、私は非常に重要だと思います。老人と子どもが交流できる場が、考えられるのではないかということが書籍に書かれています。実はこの研究をする時に、子どもだけではなく、高齢の方にも「プレイフルインフラ」をどのように活用していき、子どもとどのように交流するかを少し考えました。実際には、子どもだけになったのですが、私はそれが非常に重要ではないかと考えています。

仙田:高齢者は、子ども時代の体験量がすごくあると思います。そういう意味では、子どもたちのために高齢者が活躍する場がもっと必要なのではないかと思います。昔、(一社)日本建築学会の会長だった時に、みなさん、だいたい 60 歳くらいで辞めてしまうので、継続してもらうためにも第二の人生が送れるメニューをつくる必要があると思いました。そこで地域の子どもたちにいろいろな遊びや場づくりを教える、住まい・まちづくり支援建築会議というものをつくりました。その後、子ども教育支援建築会議も立ち上がっています。なかなか難しいところではありますが、もう少し全国的になるといいと思います。

池田:そういうところで高齢の方にぜひ活躍していただき、インフラの維持、あるいは向上に貢献していただくと大変生きがいにもなりますし、心身の健康増進になるのではないかと思います。

寺田:高齢の方がたも活躍できる場所で、自分が住んでいる岩瀬自治会の会長が、「お前ら、こんなのやってはいけない」といいながら子どもたちに迫ってくる人ですが、私が思うに、そうした人ではなくコーディネーターといった存在が絶対に必要だと思っています。私はずっと 3 世代で住んでいたのが感覚はわかりませんが、普通は、おじいちゃん、おばあちゃんと一緒に住

んでいないので簡単に話せないですね。だからこそ、ここで核になるのは若者の力だと思っていて、高齢者の話を僕が翻訳してあげて、子どもたちに伝えていく人が必要だと思っています。つまり、高齢者と子どもを埋めていく存在が、私はすごく必要だと思います。そういったポイントから考えていた時に、東照宮の陽明門に、たくさん子どもの絵が描かれています。何なのだろうと最近になって改めて調べてみたら、家康がこの戦が終わった後、どんな社会を築きたいのか、その想いを陽明門に込めたのだということでした。その陽明門には竹馬をしている姿や子どもが遊びまわっている絵がいっぱい描かれています。ウクライナの話もありますが、「平和って何だろう」と考えた時に、家康は子どもが遊ぶ姿を想像していたのではないかという話を聞きました。それを知った時に、play5.0 を示しましたが、改めて価値観が何なのか確認していくような場が必要になってくるのではないかと思います。

木下:コーディネーターも必要ですけど、内田先生がいわれたような、共有型として、子どもが「おかしい？」と思うことを家庭でも親に伝えて、親も学校などと問題を共有して解決していくことが大切です。子どもの声、そして子どもの参画というのは、子どもの権利条約にとっても大事なことです。子どもは小さい時から、どうせ言っても仕方がないという日本の空気に染まっていて発言しなくなり、希望もないです。しかし、ヨーロッパでは、赤ちゃんの時からすでに参画しているという声を聞くようになりました。そういう対話型というのは、学力が違います。先ほどの非認知能力がいろいろな面で社会の問題解決になります。

最近、学生の話で、小学生の時、学校帰りにいつも竹で何かを作ってくれるおじさんがいて、いつもそこに寄って、みんなでいろいろと作っていたそうです。ある時、保護者から学校に、「変な人と子どもが何かをしている」という通報があり、一切禁止になったためその場所には行かなくなったそうです。しかし、今になって、あれはすごく大事なことだったのではないかと気づいたそうです。あの時に、なぜ禁止になったの

か、おじさんは本当に変な人だったのかと思うそうです。川について、いろいろな経験を機会があれば親切心で教えたいという高齢の方がいるのではないかと、そして、子どもたちと高齢者を繋げるコーディネーターがいて、子どもの声をもっと聞く社会、そういうことが大事なのではないかと思います。

池田:それでは、次に、官学民の役割についてインフラの整備や維持管理には官庁や研究者、民間といったさまざまなステークホルダーが関わります。社会の好意を得つつ、子どもが輝く水辺づくりやまちづくりを進めていくためには、ステークホルダーはどのような行動をとっていけばよいですか。

木下:日本は SDGs で劣っているものはいくつかあります。例えば、陸の豊かさ、海の豊かさ、ジェンダー平等ですが、17 番目の「パートナーシップで目的を達成しよう」というのが一番劣っています。もちろん、インフラなどは行政の仕事ですが、いまでは中村先生のような専門家と連携を取り整備するようになってきました。しかし、まだまだです。日本では NPO や市民団体などが活動する団体に対して、行政はある種の不信感を持ち、信頼していないところがあります。私はいろいろな自治体のパートナーシップや共同事業の審査をすると、行政の人たちがまだそういう文化になっていないと感じます。共同と言いながら、行政の体質が協働の文化になっていないところがあり、民間業者の委託のように市民団体を使っています。しかし、その根っこにある問題、例えば水辺であれば、何が子どもたちのアクセスの障害となっているのか、自由な子どもの遊び、成長への役割といった問題を、まず共有して、何が必要か施策などを考えていくのが、日本のこれからの展開で大事だと思います。ドイツでは 50 年前に遊びのプレイリーダーが生まれ、だんだんと根付いていきました。プレイリーダーは専門としてさまざまな施策を提案し協働の担い手になるような「小さい政府」のような存在です。行政の事業的には、そのような NPO (ドイツでは e.V. と名前のつく登録協会、

日本の特定非営利活動法人に相当)が活躍しています。まだまだ日本はそこまでいっていないので、50年の開きがありますが、行政はそのようなNPOや民間の市民団体をもっと育てていき信頼して一緒にやっていくことが重要です。その前に問題を共有し話し合いやフォーラムなどで少し詰めて、何が必要か政策を考えるということが必要だと思っています。

池田:中村先生は善福寺川の事業で行政と一緒に取り組まれていましたが、「プレイフルインフラ」を実現するには行政の力が凄く大きいと思います。また、NPOとも協働しないと上手くいかないと思います。

中村:「プレイフルインフラ」は、ものすごくいい言葉です。ただ今日のお話をうかがっていると、子どもたちが「プレイフル」であることが中心になっていますが、もっと概念を拡張して、大人も高齢者も含め全員が「プレイフル」である「プレイフルインフラ」の概念として私はとらえた方がいいと思いました。問題の共有というと非常に難しい課題であり、「言うは易し」なのですが、大人も遊んでみないと、そこにあるインフラや場所の価値やリスクを分からないと思います。「禁止の看板ばかりがある」という話もありましたが、あれは本当に遊んだ人が貼っているのだろうか疑問にも思います。大人でも遊べないところは、当然子どもは遊べないので、まず大人も一緒に遊んでみるのが重要だと思います。

池田:会場から、「プレイフルインフラ」は子どもだけでなく、若手技術者もそうなのではないかという指摘がありました。

仙田:私はさまざまな設計をしている中で、行政も非常に熱心な市長さんがいると活動が盛んになるといった印象がありました。しかし、市長が変わると元の木阿弥になってしまう場合もあります。あらゆる知的な創造活動そのものを、日本の社会が促進するような形になっていません。そういう意味では、法律などといった社

会システムとして、時代に即応しながら、作ったり改正したりということが必要なのではないでしょうか。そうすれば、行政もどんどん動きやすくなると思います。

池田:戦後の経済発展で日本は成功体験が大きかったので、なかなか社会体制を変えていけず、30年間手をこまねいてきたというのが日本の社会ではないかと思っています。

会場からの質問です。

今後、災害が頻発することによって、治水ベースの整備が必要になることもあると思いますが、「プレイフルインフラ」と治水、もしくは利水どちらを優先的に実装するべきでしょうか。あるいは両立ができますか。

これはそれぞれ多機能ということで、両立できるように私はしていくべきだと思います。例えば芝川の第一調節池は治水目的で作ったのですが、それにプラスして自然再生を加えました。さらにもう少し機能を付け加えるためには、技術者、特に建設コンサルタントの知恵の出どころといえます。そのような多機能化を目指して両立していくべきだと考えています。

中村:付け加えると、私も土木を勉強してきましたけれど、環境と防災もしくは治水の間ではトレードオフがあるというように結構皆さん認識されていて、実はそれはシナジーなのではないかと最近すごく思います。今までのそのトレードオフの発想から少し抜け出すことが重要だということを池田先生はおっしゃっていたと思います。

木下:「プレイフルインフラ」と防災との関係ですが、本の中で紹介している「逃げ地図」づくりという、これは津波災害からきていますが、高台の安全なところまでの避難ルートを考える地図づくりです。土砂災害にも使われています。地域の子どもたちが参加しながら、どのような災害のリスクがあるのかについて、ハザードマップを初めてみて、調べていくうちに実際どうなのかをより学び、対策に結びつくというものです。そういう中

で実際に地域を点検してみると、山を登ったりして遊んでいる子どもの方が、感覚的にどこが崩れやすいのかがわかっています。それは子どもが、よく観察しているからです。遊びながら観察しているからこそ、危険なところを感じ取る力も育まれているのです。

川などは水害や地球温暖化で、今まで経験したことのない豪雨災害が起こる可能性があることを視野に、環境の問題も含めて学んでいかないと、なかなかわからないです。それこそ学校の教育や専門家が関わりながら、河川の水系や仕組みなども含めて、自分たちの地域のことを自分たちで調べて、どういう災害があって、どういうことが起こるのか、そして、それを遊びの中で経験しながら、リスクというものを知っていくべきです。そして、対処法についても子どもから地域の大人、高齢者まで含めて話し合っていくといいです。これは、できると思います。防災は行政任せになっています。自分の命を守ることを他人任せという実態を突いていかないと、本当の意味での安全な社会にはならないと思うのです。そういうプロセスは、子どもの間いかけからでもできます。

仙田:多機能化や空間の重ね使いというのは、土木だけではなくて建築も同じことがいえます。限られた財形を有効に使うために、知恵を働かせていくことが、日本の公共整備については非常に重要ではないかと思います。

池田:ありがとうございました。

以上

国土文化研究所年次報告 2022 (VOL.21)

2023(令和5)年7月31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 <https://www.ctie.co.jp/kokubunken/>