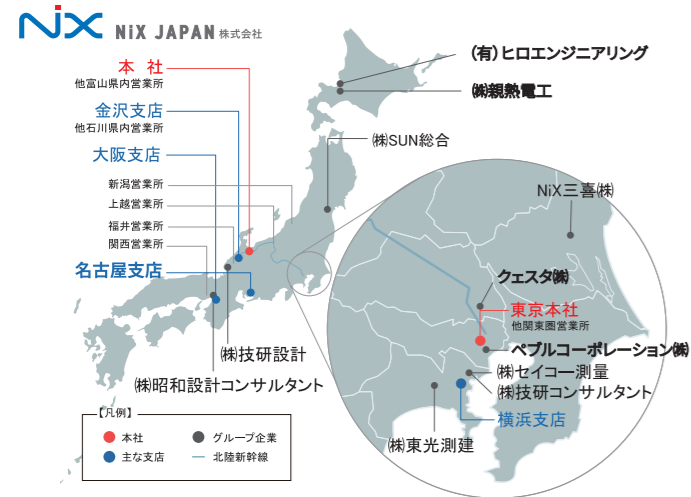


## 会社情報

商号 NiX JAPAN株式会社 (NiX JAPAN Co. Ltd.)  
代表者 代表取締役社長 市森 友明  
設立 1979年4月25日  
資本金 8,000万円  
事業内容 インフラ技術サービス事業(総合建設コンサルタント、補償コンサルタント、測量調査業、新エネルギー開発事業)  
本社所在地 富山本社 〒930-0857  
富山県富山市奥田新町1番23号  
TEL 076-464-6520  
東京本社 〒101-0031  
東京都千代田区東神田二丁目5番12号  
TEL 03-6802-8876



## 各種認定など



### 表紙について

【インドネシアにおけるNiXグループの海外事業展開】  
インドネシア・西スマトラ州での水力発電事業「トンガル水力発電所」(6,200kW)の商業運転を2023年11月1日に開始し、再生可能エネルギーの供給を開始しました。運転開始以降、海外事業でありながらも順調に安定稼働を続けており、発電想定対比を上回る発電を続けています。発電した電力は、今後25年間にわたりインドネシア国営電力会社PT. PLNへ売電し、年間売電量は38.73GWhに達します。これはインドネシアの一般家庭約46,000世帯分に相当します。海外において日本企業がマジョリティの立場で自社水力発電所を開発・運営する事例として、極めてまれで意義深いケースといえます。

また、トンガル水力発電所の取組みを評価いただき、第7回JAPANコンストラクション国際賞の中堅・中小建設企業部門で国土交通大臣表彰を受賞しました。当社のインフラ事業が地域のエネルギーセキュリティと脱炭素化に貢献する点が評価されました。インドネシアにおいては水力や太陽光発電、EVビジネスに加え、LPG充填販売事業にも取り組んでおり、エネルギー事業のさらなる発展を目指しています。

# NiX Technical Report 2024-2025

テクニカルレポート



SOCIAL DESIGN INNOVATOR

# テクニカルレポート2024-2025発刊にあたり

皆様には、平素より格別のご高配を賜り厚く御礼申し上げます。ここに、NiXテクニカルレポート2024-2025をお届けいたします。2022～2023年度に発注者の皆様からいただいたお仕事を中心に、知見となるものをピックアップして取りまとめました。弊社はまだまだ技術研鑽中の段階にありますが、何卒ご笑納いただければ幸いです。

弊社のコンサルタント重点3事業分野である、ストックマネジメント事業、防災・減災事業、低炭素社会づくり事業、さらにはDXに関する取組みについて、代表的な事業を取り上げております。今後もさらなる技術の研鑽を積み、社会インフラの調査・設計において、迅速かつ効率的な執行に微力ながら貢献していきたいと考えております。

最後になりますが、本レポートの題材となる機会を与えていただいた発注者の皆様に感謝を申し上げ、また弊社とお関わりのある全ての発注者の皆様のご発展を心より祈念申し上げ、略儀ながら御礼の言葉といたします。今後ともご指導のほど、よろしくお願い申し上げます。

2025年1月  
NiX JAPAN 株式会社 代表取締役社長 市森 友明

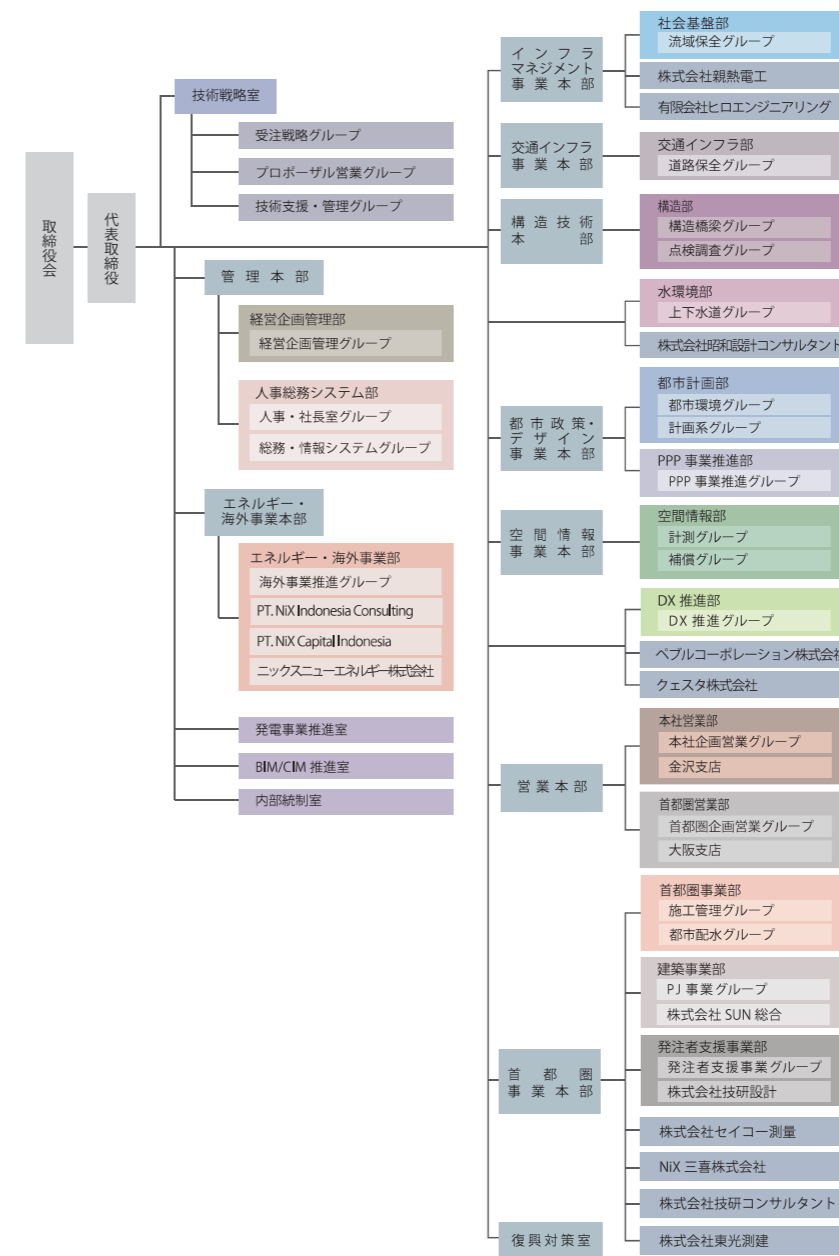
## NiX Technical Report 2024-2025

テクニカルレポート2024-2025

まえがき	テクニカルレポート2024-2025発刊にあたり	1
DX推進	AI技術を用いた道路舗装ひび割れ診断によるアスファルト舗装補修計画の優先度判断支援 上井 裕徳、羽黒 厚志、高橋 重和、中野 裕之	3
補償	用地関係のDX推進に向けた取り組み 平井 義信、水林 裕、升方 祐輔	5
計画系	富山市におけるコンパクトシティ外縁部を支える身近な拠点づくりの実証的アプローチ 高橋 敬宗、植原 徹、石倉 明美、寺田 幸	7
都市環境	スケートパークの成り立ちと施設特性を踏まえた今後の展望(その2) 大西 太和、西田 宏、高橋 敬宗	11
流域保全	防災デジタルツイン(河川風水害)の自動生成・実行の技術開発とその活用 堀 孝成、五十嵐 拓実、石井 正人、阿曾 克司	15
構造橋梁 点検調査	高岡市管理橋梁の点検合理化について 井上 雅夫、上坂 光泰、米田 涼華、稗田 拓海	23
社会基盤部	北陸大災害への対応と今次災害への備え(災害対応技術の継承) 開米 浩久	27
注目トピックス	富山におけるサッカースタジアム整備のケーススタディ 市森 友明	31
会社情報		

# 会社データ

## 2024年度組織図



## 有資格者数

資格等名称	人数
建設部門	71名
河川、砂防及び海岸・海洋	8名
道路	13名
都市及び地方計画	12名
土質及び基礎	3名
鋼構造及びコンクリート	5名
トンネル	1名
建設環境	4名
施工計画、施工設備及び積算	1名
上下水道部門	2名
上下水道及び工業用水道	2名
下水道	6名
農業部門	3名
農業農村工学	3名
環境部門	1名
環境保全計画	1名
総合技術監理部門	12名
河川、砂防及び海岸・海洋	5名
港湾及び空港	2名
道路	4名
上下水道及び工業用水道	1名
下水道	1名
農業土木	1名
廃棄物	1名
土質及び基礎	3名
鋼構造及びコンクリート	12名
建設環境	1名
都市計画及び地方計画	3名
トンネル	1名
地質	1名
建設情報	1名
博士	3名
工学	1名
学術	1名
経営科学	1名
一級建築士	4名
二級建築士	2名
コンクリート診断士	7名
道路橋点検士	21名
補償業務管理士	39名
土地調査	10名
土地評価	2名
物件	7名
機械工作物	3名
営業補償・特殊補償	2名
事業損失	7名
補償関連	5名
総合補償	3名
土地改良補償業務管理者	3名
測量士	27名
空間情報総括監理技術者	1名
1級土木施工管理技術士	38名
1級造園施工管理技術士	5名
1級建築施工管理技術士	1名
上級土木技術者	1名
1級土木技術者	9名
農業土木技術管理士	7名
(第1種)	1名
下水道技術検定	5名
(第2種)	5名
(第3種)	1名
基本情報処理技術者	3名
高度情報処理技術者	2名
第2種ダム水路主任技術者	1名

## OUR GROUPS

インフラ技術サービス企業であるNiX JAPAN株式会社(旧社名:株式会社新日本コンサルタント)を中心に国内15社、海外7社とグローバルに展開し、社会インフラの強化をはじめとしたDXサービス事業、海外事業、エネルギー事業(IPP)をグループで行っています。

・拠 点 国内52ヶ所/海外7ヶ所  
・従業員数 国内608名/海外16名

### エネルギー事業(IPP)、海外事業

ニクスニューエネルギー株式会社  
NiX湯涌 hidro power株式会社  
平沢川小水力発電株式会社

PT. NiX Indonesia Consulting  
PT. Le bong Sukses Energi  
PT. Optima Tirta Energy  
PT. NiX Capital Indonesia  
NiX Holdings Singapore Pte Ltd  
ALAM NIX RENEWABLES Pte Ltd  
Green Power Management Pte Ltd



### インフラ技術サービス事業

NiX JAPAN 株式会社  
(旧社名:株式会社新日本コンサルタント)  
株式会社セイコー測量  
NiX三喜株式会社  
株式会社技研コンサルタント  
株式会社東光測建  
株式会社親熱電工  
株式会社技研設計  
株式会社SUN総合  
株式会社昭和設計コンサルタント  
有限会社ヒロエンジニアリング

### DXサービス事業

ペブルコーポレーション株式会社  
ケスタ株式会社

Keywords | 道路維持管理、アスファルト舗装補修計画、AI、画像解析

# AI技術を用いた道路舗装ひび割れ診断によるアスファルト舗装補修計画の優先度判断支援

**上井 裕徳**  
DX推進部 担当課長  
情報処理安全確保支援士  
Deep Learning for ENGINEER  
h.uwai@nix-japan.co.jp

**高橋 重和**  
交通インフラ部 担当次長  
技術士(総合技術管理部門/建設-道路)  
s.takahashi@nix-japan.co.jp

**羽黒 厚志**  
DX推進部 グループマネージャ  
基本情報技術者  
haguro@nix-japan.co.jp

**中野 裕之**  
交通インフラ部 担当部長  
技術士(総合技術管理部門/建設-道路)  
h.nakano@nix-japan.co.jp

## 1 背景

従来の道路舗装診断では、舗装路面の劣化状態を人が目視で直接確認して行っているため、多くの労力を要する。AIモデルを用いた道路舗装のひび割れ診断は、一般的に市販されているドライブレコーダーにより撮影した動画からひび割れ箇所を検知し分析する技術であり、簡易に舗装路面診断を行うことができる。また、他社で使用されている専用の診断車両を用いた路面性状調査に比べ、診断コストを抑えることができる。

大型車交通量が多い幹線道路では、専用の診断車両を用い、わだち掘れや平坦性を含めた路面性状調査を行うが、市区町村が管理する道路で多くを占める大型車交通量が少ない生活道路が多く、ひび割れ率測定のための簡易的な診断で舗装補修の判断を行っている(表-1)。

表-1 大型交通量による管理方法の区分け

道路種別	国道	県道	市道			
			1線	2線	その他(環状)	その他(一般市道)
大型車交通量区分						
N5以上 (250台以上/日・方向)			B (445.4km)			
N5未満 (250台未満/日・方向)			C (1705.4km)	D (8291.8km)		

維持管理指標	ひび割れ率	わだち掘れ量	IFI
B	採用	採用	採用
C	採用	-	-
D	設定しない (ただし、目視観察により、損傷状況を確認)		

出典：浜松市舗装維持管理ガイドライン

## 2 AIによる舗装路面診断方法

ひび割れ診断で用いるドライブレコーダーは、2Kの解像度で撮影するケンウッド製のDRV-830の機種を用いる(図-1)。



図-1 撮影に用いるドライブレコーダー

ドライブレコーダーにより撮影した動画を静止画像化した後、物体の領域を識別するAIモデルにより、走行車線の領域に対し診断対象メッシュを自動的に作成する(図-2)。



図-2 診断対象メッシュ

各診断対象メッシュ画像に対し、物体検出のAIモデルによりひび割れ検出を行う(図-3)。

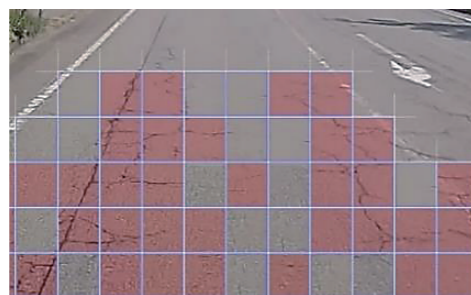


図-3 ひび割れ検出

ひび割れ検出の精度は、約70,000枚の画像に対して検証しており、86.9%の正解率が得られている(表-2)。

表-2 ひび割れ検出モデルの精度

	モデルの検出結果	ひび割れ検出結果		再現率(%)
		ひび割れあり	ひび割れなし	
目視確認結果	ひび割れあり	6,068(TP)	1,939(FP)	75.8 TP / (TP + FP)
	ひび割れなし	3,102(FN)	27,449(TN)	89.8 TN / (FN + TN)
正解率(%) (TP + TN) / (TP + FP + FN + TN)				86.9

診断対象メッシュのうち、ひび割れが検出されたメッシュ数の割合をひび割れ率とし、舗装の個別施設計画において管理水準として広く採用されているMCI値のうち、ひび割れ率のみを使用する算出式(3)をMCI値として採用する(図-4)。

$$\begin{aligned}
 MCI &= 10 - 1.48C^{0.5} - 0.29D^{0.7} - 0.47\sigma^{0.2} & (1) \\
 MCI_{\text{平}} &= 10 - 1.51C^{0.5} - 0.30D^{0.7} & (2) \\
 MCI_{\text{平}} &= 10 - 2.23C^{0.5} & (3) \\
 MCI_{\text{平}} &= 10 - 0.54D^{0.7} & (4)
 \end{aligned}$$

C : ひび割れ率 (%)  
D : わだち掘れ量 (mm)  
σ : 平坦性 (mm)

図-4 MCI値算出式

約20m区間毎にMCI値の平均により、表-3に示す3段階の診断結果に分類し、地図上に示すことにより道路舗装の劣化状態を可視化する(図-5)。

表-3 診断結果分類

診断結果分類	MCI 値
根本的かつ全面的な補修(修繕)が必要	~4.0
応急的かつ部分的な補修(維持)が必要	4.1~5.0
望ましい管理水準	5.1~

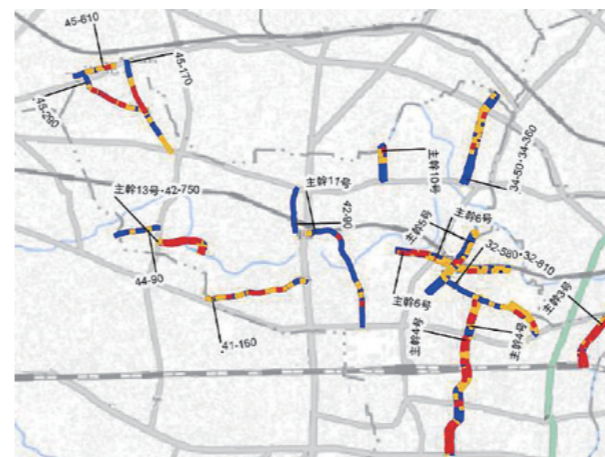


図-5 舗装劣化状態の可視化

## 3 簡易舗装診断の活用事例

本年度、動画撮影機器で撮影した映像からひび割れ解析し、舗装修繕工事の優先度判断を支援

する業務にて、ある自治体が管理する道路約13kmに対し本技術を活用し舗装簡易診断を行った。自治体から提供された路線別舗装履歴から各診断区間の舗装後経過年数と、診断結果分類の比率をグラフ化した(図-6)ところ、舗装後経過年数が30年以内である道路では、舗装の劣化が時間経過とともに進行しており、一般的な舗装のライフサイクル(図-7)との整合性が合う。この結果を受けて、本技術の活用した道路舗装の予防保全計画の立案することにより、工事や予算の平準化に資すると発注者から評価を得られた。

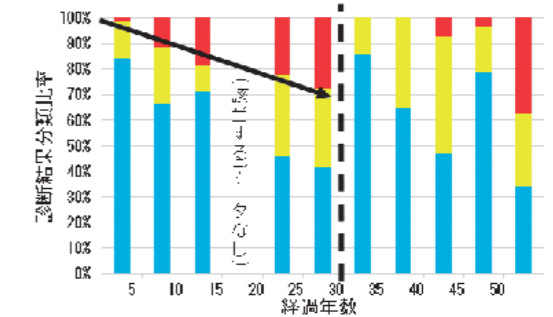
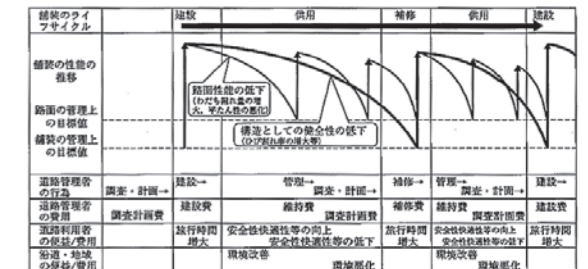


図-6 診断結果分類比率の経年変化



出典：舗装設計便覧(平成18年2月・日本道路協会)

図-7 舗装のライフサイクル概念

## 4 今後の課題

ひび割れ以外に、ポットホールや区画線の剥離、わだち掘れ等、同時に複数の異状を検出するモデル開発に取り組んでいる。その中でもポットホールの異状についてはタイヤのパンクや転倒事故に繋がる可能性があることから、クラウドを利用したリアルタイム性のある情報連携手法の検討も進めている。

また、道路清掃車に取り付けたドライブレコーダーで撮影した動画より異状を検出する官民連携サービスにより、道路維持管理業務の効率化を目指す実証実験を実施中である。

謝辞:ひび割れ検出AIモデルの開発あたり、NiXグループのペブルコーポレーション株式会社のご支援を賜り、ここに深く謝意を表します。

# 用地関係のDX推進に向けた取り組み

**平井 義信**  
 空間情報事業本部  
 空間情報部 補償グループ  
 補償業務管理士  
 y.hirai@nix-japan.co.jp

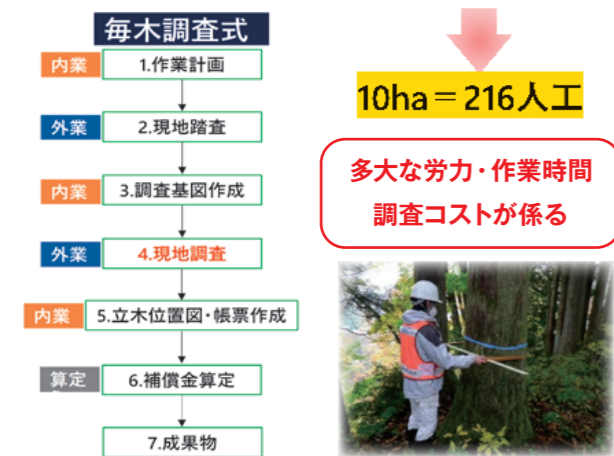
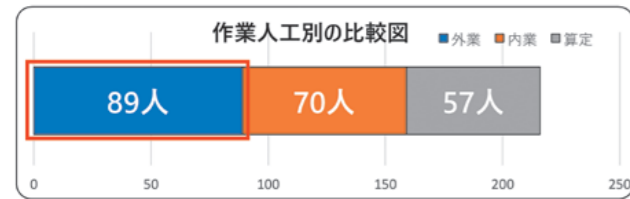
**水林 裕**  
 空間情報事業本部  
 空間情報部 計測グループ  
 測量士/補償業務管理士(土地調査)  
 地籍調査管理技術者  
 y.mizubayashi@nix-japan.co.jp

**升方 祐輔**  
 空間情報事業本部  
 技術士 建設部門/測量士  
 masukata@nix-japan.co.jp

## 1 立竹木調査等に係る課題

近年、用地関係のDX推進に関する取り組みが求められている。立竹木調査等についても「毎木調査の効率化」が主な現状の課題として取り上げられている。3Dレーザスキャナ、360°カメラ等による空間の記録化は、令和6年度から試行され、令和8年度から運用が示されている。

毎木調査による現地調査は、現地調査員が単木毎に計測するため、広範囲な調査には多大な労力や作業時間、急傾斜地等においては危険作業が伴う等の課題がある。



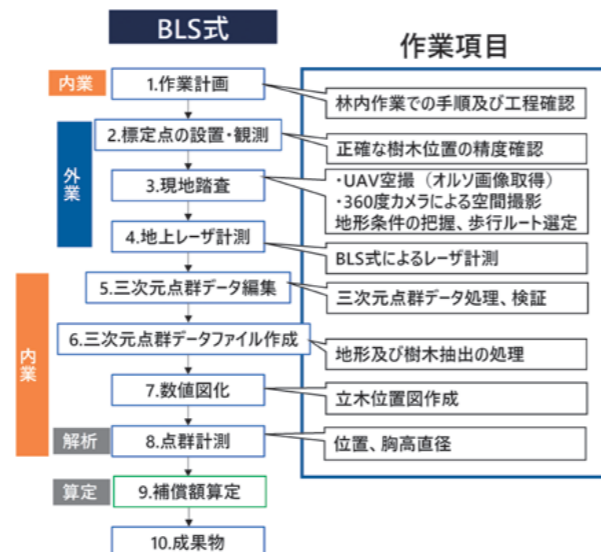
## 2 BLS式による調査概要

砂防用地の調査対象地を試行フィールドとして、計測時間の短縮が見込める「バックパック型レーザスキャナ(BLS式)」を活用し、立竹木の樹木形状の点群データを取得するとともに、そのデータ精度についての検証を行った。

樹木形状データの取得/解析には様々なセンシング技術があるが、樹木形状を抽出する際に必要となるデータ取得には、BLS式が適正であると判断し、選定した。



レーザー照射密度 (60万点/秒)  
 林内歩行により、点群データを所得  
 3D点群合成をリアルタイムで確認



## 3 樹木抽出率の検証

BLS式による点群計測と毎木調査式による現地実測計測の精度検証のため、計測本数と樹径(胸高直径)の比較を行ったところ、全体の調査本数691本(針葉樹184本、広葉樹507本)に対して、BLS式で取得した点群データから抽出できた立木は164本(針葉樹157本、広葉樹7本)であった。

補償額算定の対象となる「針葉樹」の樹木抽出率=約84%となった。

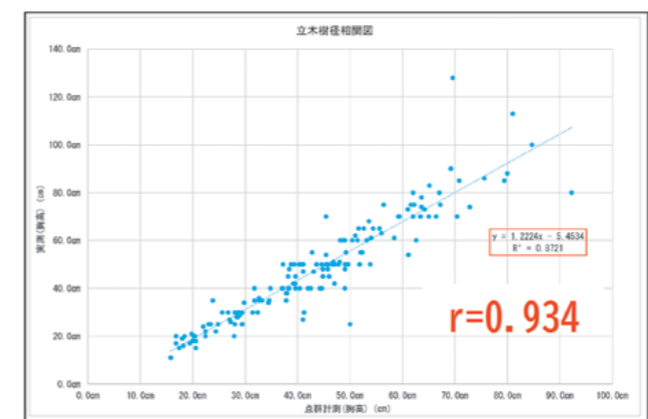
樹木ID	X座標	Y座標	点群計測	実測	点群/実測	誤差(cm)	針葉樹	対象No
95	31051.61569	-46508.05815	48.12	60.00	80.19	-11.9	○	1
97	31049.42786	-46507.67404	47.99	51.00	94.11	-3.0	○	2
				4.00				3
				4.00				3
				4.00				3
				3.00				4
99	31045.75709	-46504.11271	59.40	70.00	84.86	-10.6	○	5
98	31043.18711	-46504.30367	58.40	61.00	95.74	-2.8	○	6
90	31043.32731	-46499.77836	70.40	70.00	100.57	0.4	○	7
108	31038.26871	-46502.80079	38.19	45.00	84.86	-6.8	○	8
93	31039.0391	-46496.48096	40.40	40.00	101.00	0.4	○	9
				4.00				10
				4.00				10
				7.00				11
91	31033.25028	-46497.10765	81.00	113.00	71.68	-32.0	○	12
				3.00				13
				11.00				14
				7.00				15
				3.00				16
				8.00				17

白ブランクは、点群からの樹木抽出ができていない(主に樹径20cm未満)

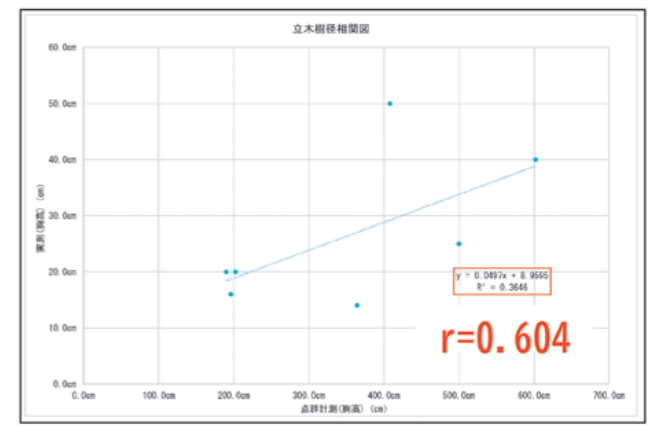
点群から立木抽出できなかった原因は、BLS式では、手入れがされておらず、枝分かれが多い広葉樹や胸高直径20cm未満の立木は、レーザ照射の機器的精度や取得点群密度の粗さによる課題から立木抽出が困難であった。これら立木抽出率への課題に対しては、今後、計測機器の計測精度の向上が図られることで課題解消が期待される。

## 4 樹径の相関検証

BLS式で取得した点群データからの樹径計測と実測計測による「樹径の誤差」の相関検証を行った。相関係数(r)は、統計学的に相関係数 $r > 0.7$ を示せば、両値に相関があると判断することができる。



【針葉樹のみ】立木樹径相関図



【広葉樹のみ】立木樹径相関図

補償額算定の対象となる針葉樹(157本:杉、桧)を対象とした場合、相関係数(r)=0.934となり、「強い正の相関」が得られた。一方で、補償額算定の対象外となる広葉樹のみでは、相関係数(r)=0.604となり相関性は低い結果となった。

この検証結果から、針葉樹では適用性が高い調査手法として期待できる。

## 5 検証結果を踏まえた今後の展望

- 「広葉樹」の樹種・樹径判読が困難である。
- 補償額算定の対象となる「針葉樹」を対象とした場合、樹木抽出率=約84%(概ね樹径20cm以上が抽出可能)、樹木抽出された胸高直径の相関は「強い相関 $r=0.934$ 」が確認できた。このことから、分収造林(杉が適正に植林管理が行き通っている調査区域)には、有効な手法であると想定される。
- BLS式では、点群取得された立木の位置座標が取得可能であり、用地内の座標位置を適切に表示できる。従来の「毎木調査」を効率的に実施するには「UAV空撮+BLS式」が、現地作業の効率化と調査成果の精度向上に対して有効である。

## 6 今後の課題

- 樹木抽出率=100%とするには、レーザ計測機器の機器的精度の向上が必要である。
- 「針葉樹」胸高直径の実測値と点群計測値では「強い相関」が確認できたが、誤差は解消できない。このため、実測値と点群計測値で算定される補償金額にも誤差が生じることとなる。今後、補償額算定を効率的に進めていく場合には、強い相関が得られた相関式から樹径による補償額算定を許容することも必要と考えられる。また仮に権利者毎で補償額算定を行ったところ、点群計測の方が低い金額として算定される結果となった。

補償

補償

Keywords | 身近な拠点づくり、コンパクトシティ外縁部、社会実験、効果検証

# 富山県におけるコンパクトシティ外縁部を支える 身近な拠点づくりの実証的アプローチ



**高橋 敬宗**  
都市政策・デザイン事業本部  
本部長  
技術士(建設部門・都市及び地方計画)  
認定都市プランナー(プロジェクトマネジメント・エリアマネジメント)  
norimUNET@nix-japan.co.jp



**植原 徹**  
都市政策・デザイン事業本部  
都市計画部 計画系グループ 担当課長  
技術士(建設部門・都市及び地方計画)  
一級建築士  
認定都市プランナー(都市・地域経営)  
uehara@nix-japan.co.jp



**石倉 明美**  
都市政策・デザイン事業本部  
都市計画部 計画系グループ 主任  
ak.ishikura@nix-japan.co.jp



**寺田 宰**  
都市政策・デザイン事業本部  
都市計画部 計画系グループ  
t.terada@nix-japan.co.jp

## 1 背景

富山県では、今後の人口減少と超高齢化に備え、『鉄軌道をはじめとする公共交通を活性化させ、その沿線に居住、商業、業務、文化等の都市の諸機能を集積させることにより、公共交通を軸とした拠点集中型のコンパクトなまちづくり』の実現を目指しているが、一方でその外縁部においても、将来的な地域コミュニティの維持等が課題となっている。

そのような中、行政サービスを提供する地区センター等を市内に79か所設置しており、市民の生活圏をカバーしている。本施設は、サークル活動を行うなど、地域住民が集う場である公民館としても利用されている。

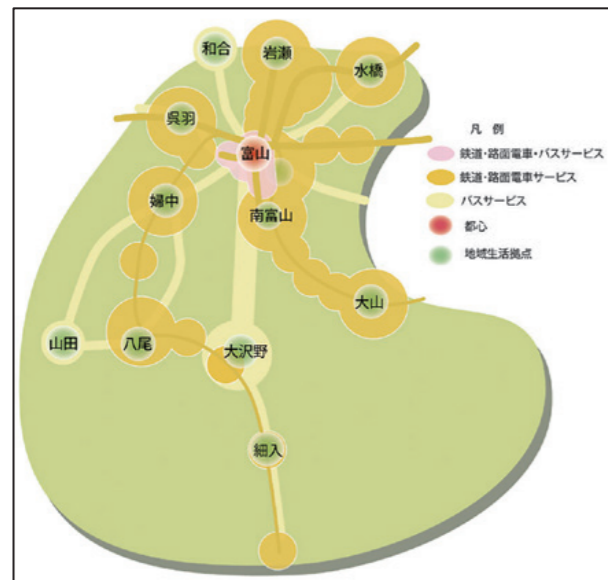


図 富山県が目指すお団子と串の都市構造 (出典: 富山県都市マスタープラン)

## 2 業務目的

本業務では富山県神保地区において、地域と関係者及び行政が連携しながら、地区センターを身近な拠点に見立てた「地域内共助による新しい生活像」のあり方を検討することを目的に、市民の暮らし全体にアプローチする社会実験を実施した。また、事後アンケート等から、地域住民が現在の暮らしをどのように考えているのか、社会実験の実施によりどのような意識変化が起こったのかなどの施策効果を検証するとともに、地域が主体的かつ持続的に活動するための課題を整理した。



写真 社会実験の様子

## 3 社会実験内容

本業務で実施した社会実験の内容は次表のとおりである。なお、社会実験に向けて「神保地区身近な拠点づくり社会実験実行委員会」を立ち上げて、具体的な内容の協議や実施に向けた検討を行っている。

表 社会実験の内容

実施日時	第1回 9月22日(金) 14:00~17:00	第2回 10月1日(日) 11:00~14:00	第3回 10月21日(土) 14:00~17:00	第4回 11月2日(木) 14:00~17:00
場所	神保地区センター(神保コミュニティセンター)			
内容	生活機能	じじじマルシェ、移動販売		
	移動	住民ボランティア送迎、次世代モビリティ体験		
	交流	子育てサロン、食生活を見直そう、折り紙・けん玉教室、自分からだチェック・健康相談、認知症の接し方を学ぼう、スマホ教室 等		



写真 じじじマルシェ



写真 移動販売



写真 住民ボランティア送迎



写真 子育てサロン



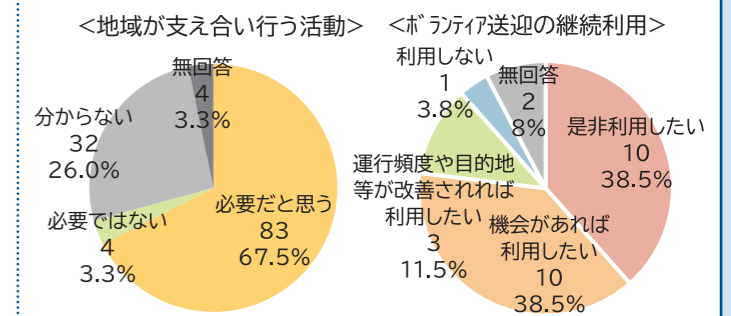
写真 自分からだチェック・健康相談



写真 スマホ教室

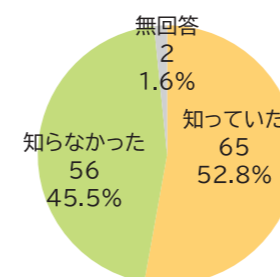
## 4 事後アンケート結果

社会実験後に自治会長・班長・PTA役員を対象として、事後アンケートを用紙配布・WEBフォームにより行い、123名からの回答を得た。アンケート結果としては、社会実験について「知っていた」が52.8%となった一方で、「参加した」は23.6%にとどまっている。また、今後も地域が支え合っていく活動については、「必要だと思う」が67.5%となった。ボランティア送迎の継続利用については、「ぜひ利用したい」、「機会があれば利用したい」利用者が約8割となっている。

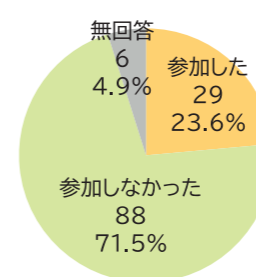


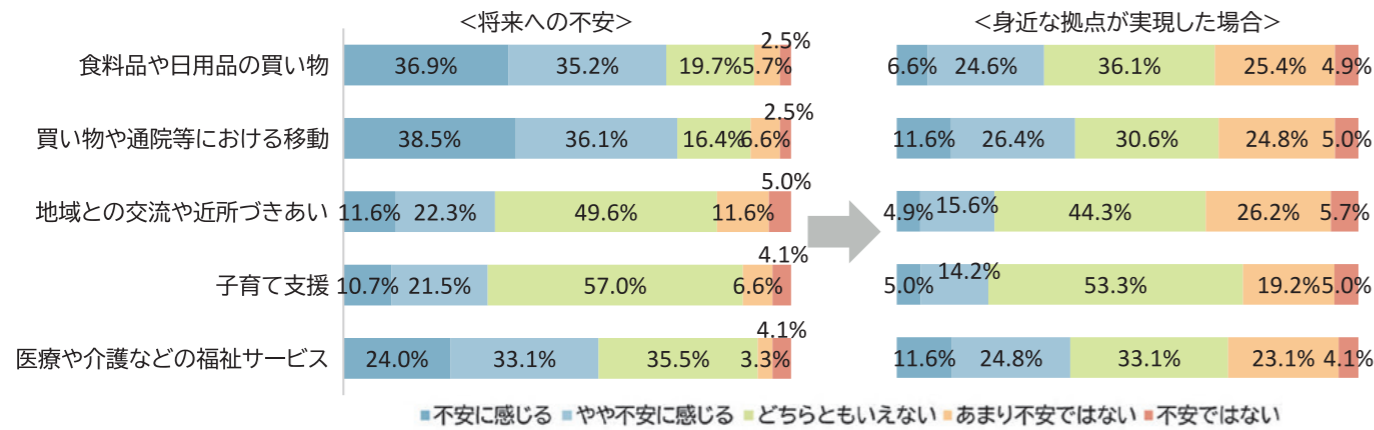
また、将来の「買い物」、「移動」、「福祉サービス」に対し、約6~7割が不安に感じているが、身近な拠点が実現することにより約3割まで減少している。身近な拠点が実現した後の不安について、年代別で見ると、60代以上より50代以下の方が不安の割合が大きく減少しており、若い世代の方が身近な拠点への期待が高いと考えられる。

<社会実験の認識>



<社会実験への参加>





## 5 関係者ヒアリング結果

社会実験の出店者や関係者を対象として、参加された上での意見や課題について、ヒアリングを実施した。ヒアリング結果として、社会実験については参加者だけでなく、地域の店舗やマルシェ出店者同士のつながりができるなど、地域の新しい交流の場となった一方、高齢者に向けた情報発信や移動手

段の確保等について改善を求める意見があった。また、今回の社会実験をとおして地域の中で協力してくれるボランティアの存在を再認識できたが、継続的に実施していくためには、人を集める活動や経済的な資源が必要であるとの意見もあった。

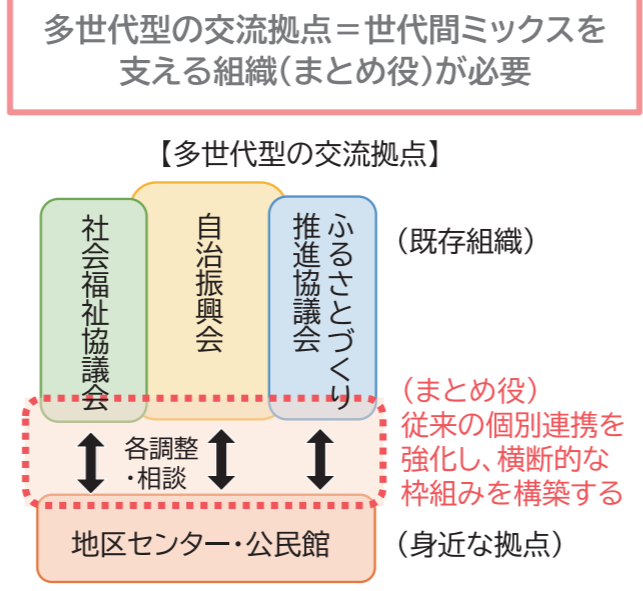
表 関係者ヒアリングの結果 【凡例：課題点】

世代	子ども	親世代	高齢者
情報発信	だがじ屋の利用が多かった一方、チケット使用の周知に課題	インフルエンサー（SNS等）のPRで来店された方もいた	社会実験やマルシェがどのようなものか伝わっていなかった
買い物	お金を使える場合は、貴重な体験となった	送迎に来た人がマルシェを利用できたことは良かった	何を買えるかを伝えること、来てもらうための案内が課題
移動手段	学校や保育園が近く、児童館も併設のため徒歩で容易に参加	平日や土曜日の駐車場確保に苦労した	ボランティア送迎は利用を遠慮される高齢者もいる
生活（交流）	乳幼児と小学生では、求められる時間が異なる	託児スペースは親の抵抗も少なく、利用していた	健康について興味・関心を持ってもらう良い機会となった
ふれあい	出店者と子ども達の交流ができたのは良かった	地域とのかかわりを希望している	他のイベントでは出会わない世代の人と出会えた

## 6 身近な拠点づくりに向けた課題等の整理

神保地区は、施設が集約し、芝生広場や机・什器等の備品が揃っているほか、若い世代が多いことや地域住民の団結力が強く、地域愛の醸成も進んでおり、マルシェや交流事業においては協力が得られやすい環境にある。それにより多世代が訪れ、多様性やにぎわいが生まれ、魅力ある空間づくりが可能となるが、各世代で求められるニーズは異なっている。

以上より、身近な拠点に対する若い世代と高齢者世代ではニーズが多岐に渡ることから、各世代に対するサービス提供に向けては、個別の対応が必要となる。そのため、今後の持続可能な拠点形成に向けて、多世代型の交流拠点を支える組織（まとめ役）が必要となる。



また、多世代型の交流拠点を支える組織（まとめ役）の形成と併せて、現時点で実施されている行政サービスや地域事業者との連携や地域の実情に合ったコミュニティビジネスの立ち上げ等に取り組むことにより、持続可能な拠点形成が可能となると考えられる。

## 7 他地区への展開に向けた施策の検討

神保地区の実験結果より、地域内共助として対応が可能な点（ピンク着色）、それを支えるための行政支援が必要な点（オレンジの破線）が明らかとなった。

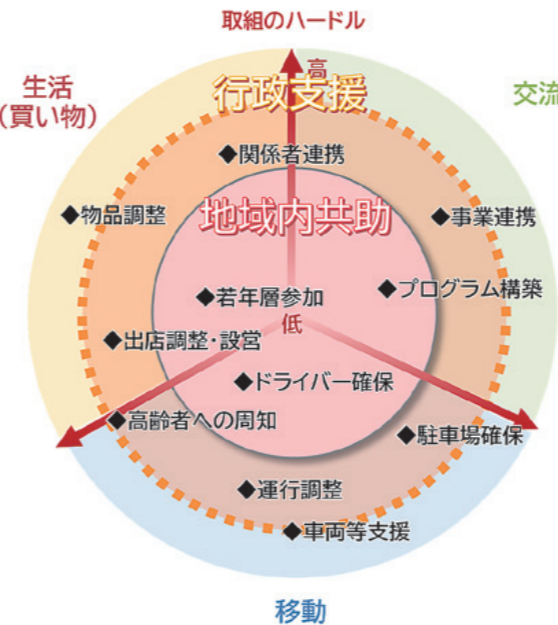


図 身近な拠点づくりのイメージ（神保モデル）

他地区への展開に向けては、各地域の情勢により地域内共助の対応可能な範囲が異なるため、以下のとおり主に生活（買い物）、交流、移動の観点で、地域の実情に応じてそれぞれ対応していくことが必要となる。そして、持続的な取組に向けて、世代間ミックスを支える組織（まとめ役）の育成を進め、デジタル技術等を活用し、地域内共助の対応可能な範囲を広げながら、不足する部分への行政支援を行っていくことが望ましい。

表 地域の実情に応じた対応事項

生活（買い物）	年齢構成などの属性に合わせた事業・サービスの展開が必要
交流	ターゲットの選定と事業等の調整が必要
移動	既存の公共交通サービスと連携して、地域の足を確保することが必要

## 8 郊外部における身近な拠点づくり支援制度の設立

本業務の成果等を踏まえて、富山市では2024年5月に、日常生活に必要な買い物や移動等の機能が不足する郊外部において、公共施設を活用し、地域住民等が主体となって必要な機能の確保を行う「身近な拠点づくり」を支援するため、下表のとおり活動費の一部を補助する「郊外部における身近な拠点づくり支援制度」が設立された。

表 郊外部における身近な拠点づくり支援制度の内容

補助対象となる地域	活動区域の大半が、主要な公共交通の沿線外であり、かつ、スーパーマーケット等の生鮮食料品を取り扱う店舗から2km圏域外の地域
補助対象となる団体	「身近な拠点づくり推進団体」 次の各号に掲げる要件のいずれにも該当する団体 ・活動が身近な拠点づくりを目的とするものであること ・補助対象地域内に、活動区域を有していること ・地域住民等を含む3者以上で構成されていること ・組織の代表者が定められていること ・自治振興会その他地縁団体を含む、又は支持を得ていること ・身近な拠点づくり活動を継続的に行う意思があること ・公益を害するおそれがないこと ・政治的又は宗教的な活動を目的とする活動を行わないこと ・構成員に暴力団員又は暴力団関係者がいないこと など
補助の内容	・1団体、1年度あたり最大30万円 ・対象経費の5分の4以内 ・1団体あたり通算3年間まで

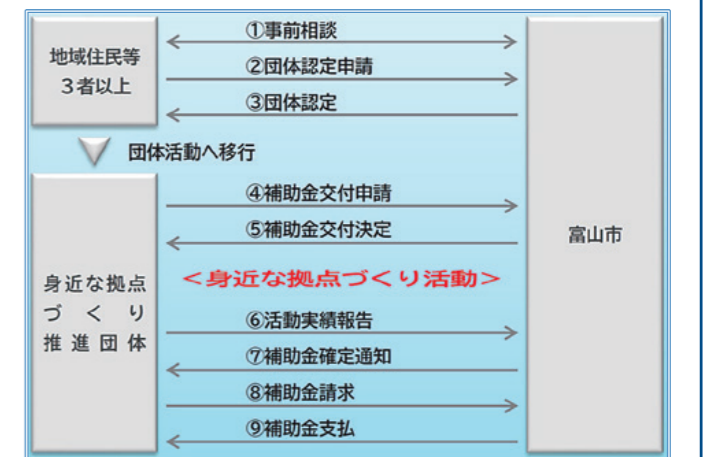


図 支援制度の流れ

（出典：郊外部における身近な拠点づくり支援制度チラシ）

Keywords | スケートボードとの共存、まちづくり施策

# スケートパークの成り立ちと施設特性を踏まえた今後の展望（その2）



大西 太和  
都市政策・デザイン事業本部  
都市計画部 都市環境グループ  
係長  
taiwa.onishi@shinnihon-cst.co.jp



高橋 敬宗  
都市政策・デザイン事業本部 本部長  
技術士(建設部門・都市及び地方計画)  
認定都市プランナー(プロジェクトマネジメント・エリアマネジメント)  
norimUNET@nix-japan.co.jp



西田 宏  
都市政策・デザイン事業本部  
都市計画部 都市環境グループ グループ長  
技術士(建設部門・都市及び地方計画)  
nishida@shinnihon-cst.co.jp

## 1 はじめに

昨年の報文ではスケートパークの歴史に触れ、特性としてランドスケープデザインと親和性が高く他のスポーツ施設には無い自由度が求められることなどから、柔軟な施設計画が必要であることを述べた。本稿ではその続きとして、東京2020オリンピック競技大会を契機にスポーツとして認知度が高まった一方で、国内では路上や公共施設での滑走によって今なお迷惑行為として問題とされている現状に対して、国外での異なる捉え方や実際に行われている取り組みを紹介する。また、その先進的な事例を参考としながら、今後の国内でのスケートパーク設計やスケートボードを取り入れた都市計画のあり方について考察する。

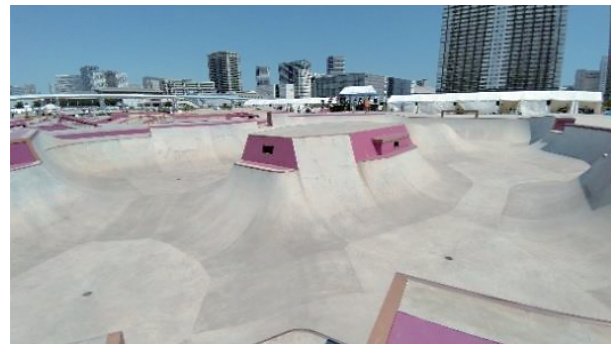


写真-1 東京2020オリンピック競技大会会場の有明アーバンスポーツパーク

## 2 スケートパーク計画の増加とその裏側

現在、スケートパークは東京2020オリンピック競技大会での日本人アスリートの活躍によりスポーツ施設としての認知度が急速に高まり、全国的に運動施設を有する都市公園内を中心として設置計画が増加する傾向にある。同オリンピック出場選手の出身地である自治体では、施設の新設計画や改修計画が頻繁に実施されるなど、昨年国内で整備されたスケートパークは大小合わせて100件以上と国内のスケート

パーク整備は加速度的に増加し、新しいスポーツ施設として広く受けられつつある。スケートボードは大会で活躍することの他に街中で滑走する映像を撮り溜めた作品がプロモーションの一つとなっており、富山市出身の中山楓奈選手は東京2020オリンピック競技大会で銅メダルを獲得したことに加えて、街中で撮影された作品がアジア人女性として初めて権威あるスケートボード専門誌の表紙を飾ったことで、世界的に称賛された経緯があるなど、時として大会での活躍と同様に重要な活動となっている。

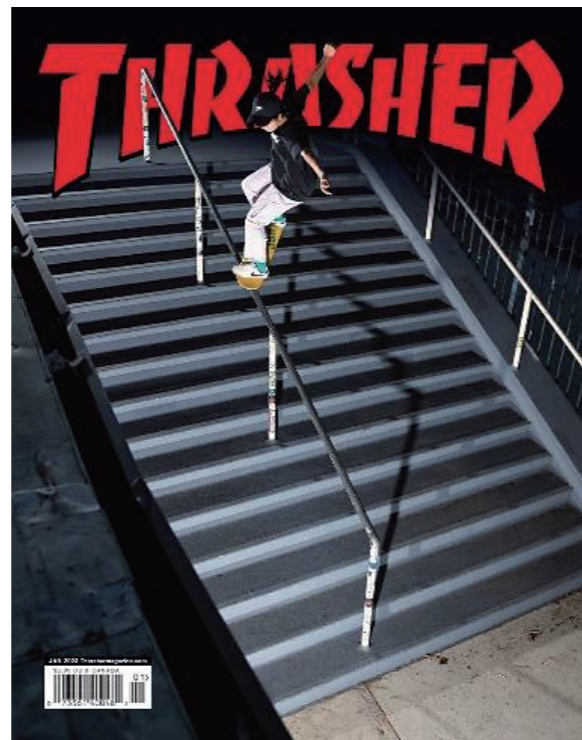


写真-2 専門誌の表紙を飾る中山楓奈選手 (Thrasher magazine ホームページ)

このような状況においても従来から問題とされている街中での滑走やそれに伴う騒音、スケートボードによる公共物の破損など、迷惑行為としてのイメージは払

拭できておらず、スケートボードがスポーツであるとのイメージの向上の妨げ要因となっている現状もある。公共広場や公園などには「スケートボード禁止」の看板が立てられており、明確に迷惑行為の一つとして位置づけられ、広場や歩道の計画、整備時には、スケートボーダーが滑走できないような対策が施されることも未だに少なくない。一方で、スケートボードは乗り物として移動手段になることや街中での滑走が遊びの始まりであることなどのスケートボードの特性上、規制や抑制によって街中の滑走を無くすこと自体が非常に難しいとも言われている。



写真-3 スケートボード禁止を促す看板・サイン

## 3 寛容性を重んじた都市の事例

### (1) フランス・ボルドーによる

#### 「スケートボードと共存できる街づくり」

前述したような社会問題を抱えるスケートボードのカルチャーとしての側面に対して、フランスのボルドーでは、対策ではなく寛容性を重視する政策が実施され、スケートボードに特化した市のマスタープランを掲げるなど従来と異なる先進的な対応をしている。2017年頃までは日本と同様に公共物の破損等が問題視され、広場での滑走を禁止することや滑走ができないようにスケートストッパーと呼ばれる突起物を設置することで対策が講じられていたが、これらに強制力は無く、実際は逆効果になっていることがスケートボーダーのヒアリングから証明されていた。転機となったのは、行政の対策に懸念を示していたボルドーに拠点を置くプロスケートボーダーが同市に、「スケートボードと共存できる街づくり」として肯定的なプロジェクトを提案したことである。

例えば、平日はオフィスワーカーが休憩し、休日はスケートボーダーで賑わう花壇のベンチでは、従来、「滑られない」を目的としていた対策から「壊れない」を目的とした強固な鋼製の素材や花崗岩に改修し、両者に配慮した整備を実施している。また、これまで掲示されていた禁止看板は、滑走可能な時間帯や、歩行

者を優先することや、混雑時は注意するなど注意事項を示した肯定的な内容に更新するなど、寛容的な対応に変化している。



写真-4(左) スケートストッパーと呼ばれる抑制用の突起物  
写真-5(中) 破損しやすい角を鉄製の縁材に改修の様子  
写真-6(右) 禁止でなく滑走可能な時間を掲示するサイン (ボルドー市ホームページ)



写真-7 滑走が容認されている歴史的建造物横の広場  
ペ・ベルラン広場 place pey berland  
(rue89bordeaux.com ホームページ)

さらに、同市HPには、施設一覧を掲載しており、「専用施設」、「エリアを設けた広場」、「自由な広場」、「注意が必要な広場」の4つに分類してそれぞれの滑走可能時間や注意すべき事項などを示している。資料では、「注意が必要な広場」とされる市街地の賑わった広場においても、時間帯の制限以外で主だった禁止事項が無く、歩行者優先や混雑時は避ける事という記載に留まるなど、ボルドーのスケートボードに対する寛容的な体制が伺える。



写真-8 ボルドー市が発行するスケートボード施設および許容された広場の一覧資料 (ボルドー市ホームページ)

これらの対策が受け入れられた背景には、若年層に人気のスケートボードが街中で賑わうことによって街の活性化を図れることや、SDGsの一環としてエコな移動手段となり得ることなど、提案内容が行政の施

策の支援となりうるとされたことにある。また、二次的効果として、人影が少なく治安が悪かった薄暗い場所にスケートボーダーが滞留することで、活気が出て治安が改善されたエリアもあると報告されている。スケートボードのカルチャーとしての側面は、滑走の滑らかさや技の美しさなどの芸術的な観点であり、観る側にとって迷惑だけではない魅力がボルドーの都市計画のあるべき姿にフューチャーされたと言われている。

**(2) デンマーク・コペンハーゲン**

**「多機能的な活動が許容された公共広場」**

デンマークのコペンハーゲンには、スケートボードだけでなくボールを使った遊びなど、日本の公共広場では禁止となりえる用途が許容された広場が多くある。特に、市街地にある「Israels Plads (イスラエル広場)」は、バスケットコートやフットサルコート、スケートパークの専用施設があるものの、その周りの広場でもそれぞれの競技が楽しめるオープンな広場となっていることが特徴である。



写真-9 Israels Pladsイスラエル広場 (skateparks.dk ホームページ)

その他、公共スケートパークの施設内に壁画や造作物の設置が可能なフリースペースを設けてアーティストが自由に活動できる場を提供するなど、多様な利用方法を促している特徴的な施設がある。

**(3) スペイン・バルセロナ「都市景観の一つ」**

スペインのバルセロナもスケートボードに寛容的な都市として広く認知されている。1995年に開園した「MACBA (バルセロナ現代美術館)」の広場は世界的に有名なスケートスポットとして人気を博しており、一般の滞在者とスケートボーダーが入り混じりながらその場を楽しんでいる姿が見られる。



写真-10 MACBAバルセロナ現代美術館 (arquine.com ホームページ)

また、市内の公園に整備された「Born SKATE PLAZA (ボーンスケートプラザ)」は、スケートパークという先入観を捨て、重要な都市景観の一つとして捉えられ、周辺建築物と同様の材質を用いて空間全体の意匠性の統一が図れていることや、構造物を低く設定していることで見通しの良い空間を形成している。施設外周はフェンスで覆うことなく、通りと一体的な空間を形成しているものの、ボードが飛び出ることを抑制するために舗装材の切替えを施すなど、機能的な検討もされている。

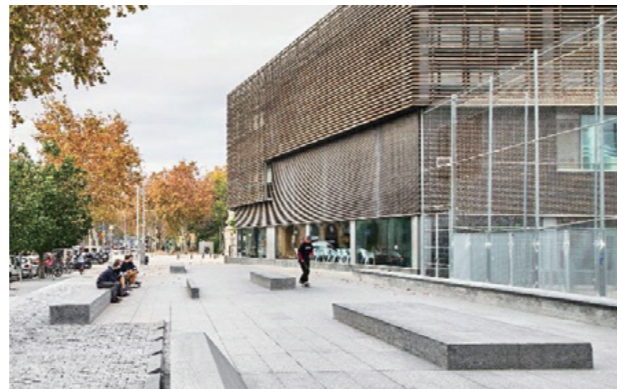


写真-11 Born SKATE PLAZAボーンスケートプラザ (skatearchitects.com ホームページ)

**4 スケートボードを都市の活性化に取入れた事例**

**(1) スウェーデン・マルメ**

スウェーデンの主要都市であるマルメでは、1990年代からスケートボードが都市の活性化を担う要素と捉えられ、行政内に担当職員が常駐し、HPに専用ページを設けていることや、イベントや大会の誘致を積極的に行うことで同市の重要な観光資源として活用されている。また、街中での滑走は全市的に容認されており、いたるところでスケートボードを楽しむ姿が見られると共に、公共の専用施設は柵で覆われることなくオープンに活用されており、ヨーロッパで最大級のスケートパーク「Stapelbäddsparken (スタペルベッズパルク)」もその一つである。



写真-12 Stapelbäddsparkenスタペルベッズパルク (skateparksguiden.se ホームページ)

**(2) アメリカ・オレゴン州 ポートランド**

充実した公共交通機関網によるコンパクトシティやエコロジカルな都市計画など、先進事例として取り上げられることの多いポートランドもスケートボードに寛容な都市である。道路に設けられた自転車レーンはスケートボードも許容されていることや、そのスケートボード用のルート、公共スケートパークのマップなど、街の起伏が一元化できる地図を作成し、同市のHPに掲載している。



図-1 ポートランド市HPに掲載されているスケートボード専用マップ (ポートランド市ホームページ)

また、DIY (Do it Yourself) 文化の先駆けと呼ばれるポートランドでは、世界的に有名なDIYによるスケートパークがあり、スケートボーダーのメッカになっている。当初の25年前は行政に無許可で造られたにも関わらず、現在では同市が公認する施設の一つとなっている。



写真-13 公認されたDIYスケートパーク「Burnside Skateparkバーンサイドスケートパーク」 (ポートランド市ホームページ)

**5 今後の展望**

国内では、スポーツとして施設や活動を支援する動きやスケートパークの整備においては東京オリンピックを契機に大きく前進したものの、未だ非日常的な乗り物として路上や公共広場での滑走が迷惑行為として認識されているとことが多い。しかし、本稿の海外事例のようにスケートボードを用いたまちづくり戦略の方針や施策を立て、まちの活性化や観光資

源を図る自治体があることは、今後、国内においてもスケートボードと一般市民の距離は漸進的に近くなる変化を遂げるのではとの期待感がある。

富山市においても新幹線停車駅である富山駅北側からアクセスの良い市街地の市有地に中山楓奈選手が監修したスケートパーク「NiX アーバンスケートパーク (NiX JAPAN株式会社自社事業)」が整備された。これは多くの人々が身近に体感、体験できる国内の先進的な事例であり、スケートボードが人目に触れることで特殊なものから日常の一つになるきっかけとなるのではと期待している。さらに、本施設は「3×3バスケットコート」や富山グラウジーズの本拠地「富山市総合体育館」などスポーツ施設が隣接しており、富山駅周辺の賑わいに連携寄与するとも考える。



写真-14 中山選手が監修したNiX アーバンスケートパーク

国内では施設の数が増加したことにより、利用者の需要は数から質に転換し、施設に対する評価基準はより高度な視点に変化すると考えられ、設計者は高い専門性を求められると認識している。

加えて景観性や多様性に対しても配慮することで、美しく使いやすい施設を目指すことは、自由度の高いスケートパーク設計においては重要な付加的条件だと考える。さらに、現在問題となっている迷惑行為(滑走)に対しては、本稿の事例を参考に道路や公共広場において一定の許容範囲を設けることや、迷惑行為とされる行動(滑走)を見直しながら解決策を見つけるなど、広域的な視点で問題を解決することで、スケートボーダーと一般市民が歩み寄れる画期的なまちづくりが実現できると考える。



Keywords | 防災デジタルツイン、確率ハザードマップ、DInSAR解析、SBAS解析、自動実行

# 防災デジタルツイン（河川風水害）の自動生成・実行の技術開発とその活用



**堀 孝成**  
インフラマネジメント事業本部 社会基盤部  
流域保全グループ プロジェクトマネージャー  
技術士(総合技術監理(建設)、建設、上下水道)  
t.hori@nix-japan.co.jp



**五十嵐 拓実**  
インフラマネジメント事業本部 社会基盤部  
流域保全グループ 係長  
技術士補(建設)  
t.igarashi@nix-japan.co.jp



**石井 正人**  
インフラマネジメント事業本部 社会基盤部  
流域保全グループ 担当次長  
技術士(総合技術監理(建設)、建設)  
masato.ishii@nix-japan.co.jp



**阿曾 克司**  
技術監査室 室長  
技術士(総合技術監理(建設)、建設)  
aso@nix-japan.co.jp

## 1 はじめに

地震・風水害等の自然災害の頻発化・激甚化などリスクポテンシャルの増大が顕著な我が国において、従来の想定限界を克服する物理シミュレーション駆動型の「防災デジタルツイン」構築を都市全体で実行可能にするデジタルツイン生成・実行の自動化と、防災への活用が求められている。また、2016年の熊本地震後に確認されているハザードの重畳に関して、令和6年1月の令和6年能登半島地震発災の9ヶ月後に能登半島に襲来した線状降水帯による水災害が発生し、ハザードの重畳のリスクがあらためてクローズアップされている。

これらに対し、内閣府総合科学技術・イノベーション会議の「戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)」 「スマート防災ネットワークの構築」(JPJ012289:研究推進法人防災科学技術研究所)において、従来の生成コストを大幅に削減し、構築した河川デジタルツインにより複数シナリオの解析を可能とし、新たな避難計画等の策定及び住民の行動変容に繋がる確率で可視化した次世代のハザードマップなどの技術開発を行っている。

### (1) 本研究の課題と解決方針

#### 1) 確率ハザードマップ

従来型ハザードマップの代表である洪水ハザードマップ(以下「洪水HM」と記載)の課題は、対象とする河川に複数の破堤地点を想定し、破堤地点毎に実行して得られた浸水深を最大包絡した結果を提示しているため、想定される浸水区域が多くの場合において広範囲になる。そのため、

住民が洪水時の避難場所・避難ルート等の避難計画を検討する際に活用するのは困難であることが多い。

また、水災害のハザード情報として水害リスクマップ<sup>1)</sup>が挙げられる。同マップは中高頻度規模の年超過確率毎の多段階の浸水想定区域図を重ね合わせて表示したものであり、年超過確率毎の浸水区域を把握することが可能である。しかし、洪水HMと同様に想定最大規模又は計画規模の降雨時における想定浸水区域は広範囲に及び、場所毎の相対的な浸水しやすさを把握することはできない。

これらの課題解決のため、本研究ではデジタルツインの特徴を活用し、複数のシナリオを想定した浸水解析から得られる浸水深を確率処理し、大規模の水害が発生した際に、高確率で被災する領域と低確率で被災する領域を区別する確率ハザードマップ(以下「確率HM」と記載)を構築する必要がある。

### 2) ハザード重畳を表現するマルチハザードマップ

マルチハザードマップ(以下「マルチHM」と記載)では、ハザードの重畳として、大規模地震後に復旧が完了するまでに次の災害(スーパー台風や線状降水帯による豪雨)が来襲する場合を想定する。当初のハザードマップ作成条件から地震発生後の対象地域の地震による地盤の沈降・隆起などの地形変化を取得し、加えて建物の被害、土木施設(構造物)や河道における河床変化、河道勾配変化、堤防天端高、堤防形状の破壊、堤体

の亀裂、滑動による変化等をデジタルツイン上に反映・データ同化し、外力として風水害を与えてシミュレーションを実行し、地震発災の影響を考慮したマルチHMを作成することが求められる。従来の氾濫解析モデルは、定期横断測量データより内挿した平面二次元メッシュのDEMより構成されており、マルチHMでは、発災後地形変化が生じた条件下での速やかなデータ更新が求められる。このため、発災後に迅速かつ広範囲にデータ取得可能な人工衛星を活用したデジタルツインへのデータ同化手法の構築を図る必要がある。

### 3) デジタルツイン技術活用の必要性

ハザードマップ高度化を進展させるためには、個別のデータ収集、解析条件の設定、解析の実施、解析結果取りまとめに対して、一連の作業をシームレスに行うことができる解析モデルの自動生成および自動実行の全体システムが必要となる。また、リスク評価に対しては局所的豪雨・線状降水帯・超巨大台風等の様々な降雨波形・降雨分布などの外力条件の不確実性、現状の河川・下水道整備状況、土地利用整備状況の考慮、将来的な土地利用・市街地形成の変遷など解析モデルへ最新情報を取り入れる必要がある。これらの条件は多岐に渡ることから、シミュレーションを行う場合には、対象とすべき災害要因・条件が膨大になり、いわゆる考慮すべきシナリオ数が増大する。行政の財政、企業の予算制約の中で多岐に渡るシナリオを再現するシミュレーションを実施する際には、効率的にシミュレーションを実施するための仕組み、すなわちデジタルツインが必要となる。

近年ではシミュレーションに必要な基本データは、各機関において整備され一般公開されてきている。これらの情報を基に、評価対象とする地域についてデジタルツインモデルを構築することにより、水害を含む各種災害に対するシミュレーションモデルの構築ならびにシミュレーション結果の視覚的表現を容易にする。

今回報告する内容は、河川の各種データを用いて計算機内で再現する河川デジタルツインを用いた自動化システムを活用することで、これまでの解析において容易に実施できなかった以下の内容を容易かつ高速に実施することを可能とし、構築されたデジタルツインを活用することで、本質的なリスク対策を捻出する基盤となる。

#### 【河川デジタルツイン(図-1)で可能とする事項】

- ①従来の解析条件の再現解析

- ②高解像度解析(メッシュ5m、スパコン利用)
- ③堤防破壊確率の導入
- ④様々なシミュレーターを選択適用
- ⑤内水外水分離、連成解析(貯留機能等を考慮した下水道ネットワークとの連成解析)
- ⑥多くのシナリオ解析(外力シナリオ、モデルシナリオ、防災シナリオ)
- ⑦地震発災後の状況を反映したハザード重畳解析(人工衛星画像データを利用した被災状況の可視化)
- ⑧GIS、メタバース空間(Plateau等)でのハザードの可視化(ハザード重畳含む)

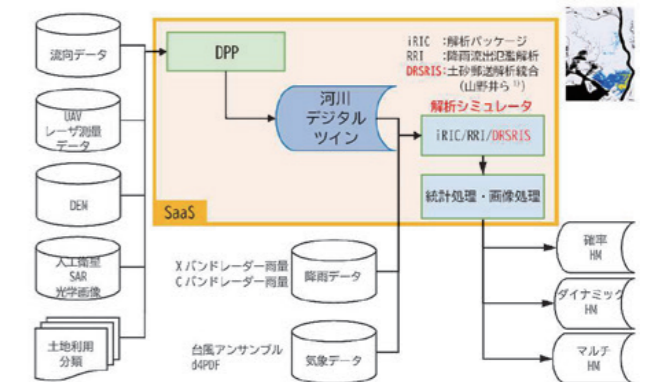


図-1 河川デジタルツイン構成概念図

## 2 確率HMを用いた浸水リスクの評価

従来型ハザードマップが有する課題解決のため、本研究ではデジタルツインの特徴を活用し、複数のシナリオを想定した浸水解析から得られる浸水深を確率処理し、大規模の水害が発生した際に、高確率で被災する領域と低確率で被災する領域を区別する確率HMを構築している。ここでは従来型の洪水HMが既に公表済みである兵庫県の二級河川武庫川を対象に浸水解析を実施して確率HMを作成し比較考察した。

### (1) 浸水解析モデルと解析条件

浸水解析モデルには山野井ら<sup>2)</sup>が開発した降雨データを入力条件に、地表面の降雨流出解析と河道部の洪水流解析及び氾濫域の氾濫流解析を一体的に解析可能なDRSRIS<sup>2)</sup>を用いた。

浸水解析の地形モデルは、河道地形モデルを武庫川の定期横断測量データを基に作成し、これを国土地理院のDEMより作成した地形モデルの河道部に内挿することにより、河道と氾濫原の地形モデルを作成した。計算格子は従来型の洪水HM作成時に使用されている25m解像度の矩形格子よりも細かい、5m解像度の矩形格子とした。

(2) 解析の実施と確率HMの作成

確率HMの構築領域は人口と資産が集中する武庫川の仁川合流点(8.8k)より下流側を対象とした。本研究では破堤の位置による不確実性を反映した確率を評価するものとし、破堤位置を武庫川右岸の36か所選定し、合計36ケースの浸水解析を実施した。なお、堤防の破堤の発生時刻は、予備計算で得た洪水ピーク時刻をもとに決定し、緩和時間を設けて堤防の天端高を高水敷の位置まで低下させた。各計算格子において時間最大浸時間最大浸水深 $h$ が $x$ 以上となる確率 $P(h \geq x)$ は次のように表現できる。

$$P(h > x) = \sum_{i=1}^n p_i \cdot f(h, x), f(h) = \begin{cases} 1 & (h \geq x) \\ 0 & (h < x) \end{cases}$$

ここで、添え字 $i$ は破堤地点を表し、 $p_i$ は地点 $i$ で破堤が生起する確率(以下、破堤確率と称する)を表す。破堤確率 $p_i$ は土質強度や周辺の流れ場、越流水深や越流時間等の影響を受けると考えられ、浸水確率に影響する。浸水確率への影響は最終章において述べるが、本研究では簡単のために多田<sup>3)</sup>と同様 $p_i=1/n$ とした。

(3) 浸水リスクの評価

作成した確率HMを用いて浸水リスクの評価を行う。従来型の洪水HMとの比較では、公表済みの武庫川の洪水HM(想定最大規模)を使用する。本研究では、一般的に徒歩による避難行動が不可とされている浸水深0.5m以上<sup>4)</sup>を対象とした水害リスクマップ及び確率HMを作成した。また、浸水リスクと避難施設の関係性を把握するために、国土数値情報の避難施設データを用いて、各マップに武庫川流域における避難施設の位置情報を示した。図-2に武庫川右岸5.0k付近における洪水HM、確率HM及び標高図を示す。上段の洪水HMにおいては同区域内のほぼ全ての範囲が浸水深0.5m以上を示している。一方、武庫川右岸の4.0k~6.0kにおいては、上流側からの氾濫流はJRの盛土により遮られるため、JRの盛土の上流側は浸水確率が高い傾向を示しているが、JRの盛土の下流側においては浸水確率が低い傾向を示している。また、JRの盛土と県道340号の盛土に挟まれている地域は周辺の地域に比べて浸水確率が低い傾向にある。この理由については、この地域の浸水はJRと県道340号の間の破堤地点(4.6k~5.0k)からの破堤氾濫による浸水現象となるため、浸水確率が低い傾向となっている。武庫

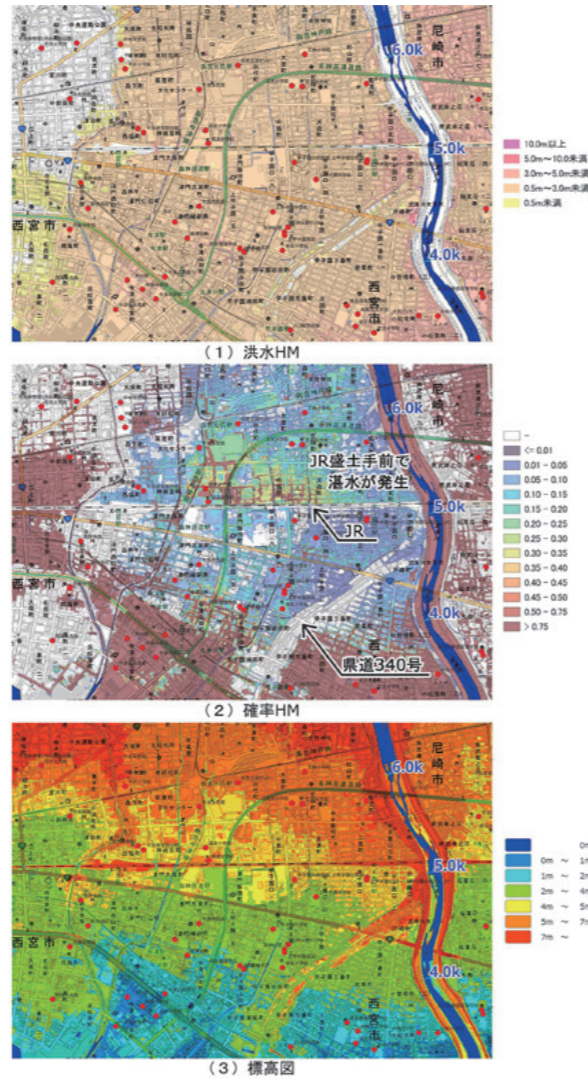


図-2 武庫川右岸の対象マップ及び標高図

川右岸地域は、複数の破堤地点からの浸水により0.5m以上の浸水は広範囲において発生しているが、地形的な特徴により浸水確率が場所毎に異なる。このように従来型の洪水HMでは同じ浸水深として扱われていた場所においても、確率HMでは場所毎に浸水確率が異なることが示された。

(4) 破堤確率の導入

従来型の洪水HMでは河道内水位が計画高水位に到達した地点は全て破堤する条件としている。しかし、実際の現象としては河道内水位が計画高水位に到達しても堤体の土質条件や護岸整備状況などの種々の要因により破堤しない場合もあるため、浸水リスクを過大に評価していることになる。菊地・野村<sup>5)</sup>は福岡・田端<sup>6)</sup>が提案した破堤確率の算出方法を用いて、浸水リスク評価を行い、破堤確率の導入により地形的要因だけでは判断できない浸水リスクの評価が可能であることを示している。よって、今後の研究においては破堤確率の効

果を導入した確率HMの作成を計画している。

本研究で実施した浸水解析では、例えば、図-2の上図に武庫川右岸4.6kの破堤ありの場合の確率HM、中図に武庫川右岸4.6kの破堤無しの場合の確率HMを示す。同図より避難施設があるA地点周辺の浸水は、4.6kからの破堤氾濫のみによるものであるが、4.6kは護岸及び高水敷が整備され、図-3の航空写真より右岸側の内岸には砂州の形成が確認されるため、他の区間に比べて相対的に破堤のリスクは低いことが予想される。破堤ありの場合におけるA地点の浸水確率は10%以下であるが、破堤確率の導入後の浸水解析では、4.6kにおいては破堤が生じにくいことが予想され、浸水確率がさらに低い結果になることが予想される。また、上流側の浸水確率は破堤地点数が少なくなるため、上流側における破堤しやすい条件にある堤防付近の浸水確率が相対的に低くなる課題が残



図-3 武庫川右岸4.6k付近の対象マップ及び航空写真(国土地理院)

されている。破堤確率の導入により場所毎の堤防の破堤しやすさを定量的に評価することが可能となることにより、上流側において破堤しやすい堤防付近の浸水確率は、本研究の確率HMが示す浸水確率よりも高い確率を示すことが予想される。

(5) 確率HMの活用方法

上述した結果から、確率HMを作成することにより場所毎の浸水しやすさを評価することが可能となる。これにより、従来型の洪水HMにおいて、多くの避難場所が浸水想定区域に含まれていた地域においても、実際には避難場所毎に浸水しやすさが異なるため、一次避難場所や避難ルート of 優先度を判断するための情報となる。また、避難場所の耐水化、建屋嵩上げ、電源設備の嵩上げ等の機能補強を実施していく際に、その優先度の判断にも活用できる。よって、確率HMは地域の防災計画を策定する上で有益な情報を提供することが示唆される。

3 人工衛星SAR画像を活用したモデル構築

(1) デジタルツインへの同化のための人工衛星画像選定

東北地方太平洋沖地震以降、地震後の河川堤防の被災状況の把握及び復旧工を検討するにあたり、クラックの発生深度(HWLに達しているか)を考慮した被災形態の分類が行われている<sup>7)</sup>。そのため、現地調査・測量にて把握される変状をデジタルツインへ同化するため必要な精度は沈下量として数cm~1m前後、クラック深度として数十cmオーダーの精度が求められる。SAR衛星による地表面変位の観測精度はcmオーダーであり、空間解像度はSAR衛星の種類や観測モードにより異なる。通常の観測モードの場合は、高解像度のXバンドのSAR衛星は1m、日本のALOS-2は3m、欧州のSentinelでは10m程度の空間解像度である。そのため、地震時に必要な空間解像度と変位精度の検証が必要である。

現在、複数のSAR衛星が国際的に運用されており、それぞれ異なる波長帯を使用するセンサーが搭載されている(表-1)。人工衛星を選定するにあたり、①データ取得の容易性(デジタルツインへ同化のための半自動化やコスト)、②解像度、③画像取得頻度、を考慮した。今回の解析では表-1に示す地震前後の観測データの取得容易性を踏まえCバンド

衛星である欧州宇宙機関(ESA)のSentinel-1を選定した。

Sentinel-1の観測データは無償で公開されている。概ね12日間隔の高頻度で観測され、10m~15m程度の空間解像度の画像が取得できる。一方、日本のJAXAが運用するALOS-2は、同一地域の観測頻度が年3-4回であり、一般ユーザには有償のため購入手続が必要である。ただし、大規模災害時において緊急観測が行われている。能登半島地震では発災当日とその後数回にわたり緊急観測が行われ、JAXAの無償公開データを利用することができ、ALOS-2にて能登半島地震による変位などを確認した。

表-1 SAR衛星の種類

バンド	Xバンド	Cバンド	Lバンド
代表的な衛星	QPS, Inspective	Sentinel-1	ALOS-2
電磁波の波長	3cm	6cm	24cm
範囲/分解能	狭域/高	中程度/中	広域/低
データ取得性	植生有りは困難	植生有りはやや困難	植生有りでも可
データ観測周期	非定期観測	12日毎	14日毎
コスト	有料(高額)	無料	有料(安価)

(2) 検討対象地震

近年に発災した地震のうち、SAR衛星による観測データが取得され、かつ現地における被災状況が公表されている地震として、平成28年熊本地震(2016年4月16日:M7.3:最大震度7)、令和6年能登半島地震(2024年1月1日:M7.6:最大震度7)も対象とした。能登半島地震においては、現地踏査を行い、発災後の現地状況を確認した。Sentinel-1は地震前後を含む10時期以上の多時期の観測データを、ALOS-2においては地震前後の2時期のデータを使用した。SAR衛星は衛星の進行方向と地球の自転により北行撮影と南行撮影の2方向があるため、撮影方向毎に解析を行った。

表-2 使用衛星画像

対象地震	衛星	観測日	衛星進行方向	電波照射方向	観測モード	入射角
熊本地震	Sentinel-1	2015/5/25~2016/11/3の期間中の20回			多数のため省略	
能登半島地震	ALOS-2	2022/9/26、2024/1/1	北行	左(西)	高分解能	32.4°

(3) 画像解析手法

デジタルツインへ変位の量的・定性的情報を同化させるため、地震前後のデータについて、複数の解析手法を適用し検証した。Sentinel-1は多時期のSAR画像が取得されていることから、時系列干渉解析としてレーダー波の後方散乱の安定している箇所を変位推定し、空間解像度が高いポイントターゲットのPS解析(Persistent Scatterer Interferometry SAR)と

広域の解析に有利な分散ターゲットのSBAS解析(Small Baseline Subset:以下SBAS解析)を行った<sup>8)</sup>。さらにALOS-2を用いた能登半島地震では地震前後の2時期を対象とした差分干渉SAR解析: DInSAR解析(Differential Interferometry SAR)を適用した。これらの変位量による解析に加え、堤防の変位の有無を判定するため、干渉特性を示すコヒーレンスによる評価も行った。コヒーレンス解析は能登半島地震のALOS-2撮像データで解析した。本報告ではこのうち、比較的良好な結果が得られたSBAS解析とDInSAR解析の一部の結果を報告する。

表-3 使用データと解析手法

対象地震	人工衛星	データと解析手法		
		北行データ	南行データ	Combined 2.5次元解析
熊本地震	Sentinel-1	SBAS解析, PS解析, DInSAR解析	SBAS解析, PS解析, DInSAR解析	SBAS解析, PS解析
能登半島地震	ALOS-2	DInSAR解析	対象としなかった	対象としなかった

(4) 適用結果

1) 熊本地震

熊本地震<sup>9)</sup>を対象として、被災箇所とSBAS解析結果との対応関係を確認した。SBAS解析では、堤防上において地震前後で照射方向に30mm~50mm程度の沈下範囲を抽出した(図-4、図-5)。ただし、堤防の被災箇所には一致せず、堤防被災箇所においてSBAS解析での変位量は明瞭ではなかった。



図-4 SBAS解析による白川付近変位箇所の抽出

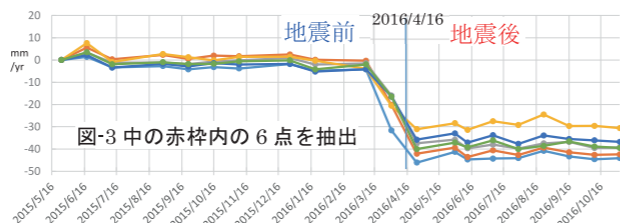


図-5 SBAS解析による白川付近変位箇所の推移

2) 能登半島地震

能登半島地震の被災地を対象として、発災後に複数回実施されたALOS-2緊急観測のうち、R6年1月1日撮影画像と通常観測のR4年9月26日撮影画像の2時期によりDInSAR解析を実施し、位相差分(干渉縞)、コヒーレンスおよび変位量

を確認した。

DInSAR解析のうち干渉画像を取得した(図-6)画像の変位量はコヒーレンスによる干渉が低い箇所も含まれた画像である。この画像からは100m~200mの干渉縞が河川周辺の対象地域で見られた。現地調査による被災箇所と照合すると、干渉縞付近に被災箇所が含まれることが多かった。

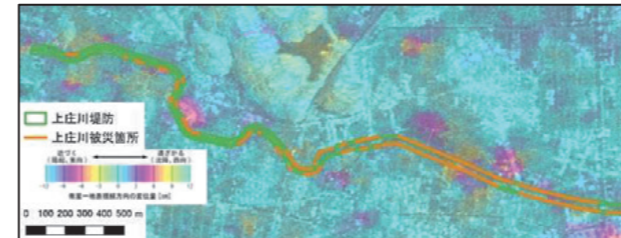


図-6 DInSAR解析による干渉画像

地表の変状や変位をより正確に検出するためコヒーレンス解析を実施した。コヒーレンスは2枚のSAR画像の干渉性を表す指標であり、2時期間で後方散乱に大きな変化が生じた場合、干渉性が低くなりコヒーレンス値が低下する。コヒーレンス解析を行った結果、被災箇所付近ではコヒーレンスが低い箇所が多くなっていた(図-7)。



図-7 コヒーレンス解析による変状有無の抽出

この理由として、堤防が土堤であることに加え河川管理用通路が未舗装であり、地震により堤防の土砂崩れや水田における噴砂等の変状、植生変化によりコヒーレンスが低下したものが要因として考えられた。植生変化は河道内のツルヨシや堤防・畦畔の高茎草本の変化や、水田の稲刈りの影響を受けている可能性が考えられた。

2時期の干渉SAR画像より、変位量の信頼性を考慮し、コヒーレンスが0.2以上となる箇所の変位量を抽出した(図-8)。ここで変位量はセンサーの照査方向の隆起・沈降方向である。現地で確認した被災箇所との照合の結果、被災箇所は概ね変位がみられた区間と一致した。一方、被災の変状がみられていないものの、DInSAR解析では変位が検出された範囲もみられた。変位量はわずか10cm未満の範囲がほとんどであり、拡大図(図

-9)の箇所では左岸側が概ね4cm程度沈降していた。この箇所では堤防のクラックや護岸の滑動が生じており、DInSAR解析の結果と対応するものであった。一方、現地の目視でクラックや滑動がみられない状況であっても変位量が検出されている箇所も存在した。こうした箇所は、100m~200m程度の中規模な地表上には表出しない地盤沈下等の変状であることが想定され、堤防の安定性を低下させる可能性も考えられた。



図-8 DInSAR解析による変位量



図-9 DInSAR解析による変状箇所と現地状況

3) 解析手法の検証まとめ

時系列干渉解析のSBAS解析は広域に沈下・隆起傾向が生じた範囲を明瞭に検出することが可能で、広域な堤防の変位把握として有力な手法と考えられた。差分干渉SAR解析ではコヒーレンスが低い箇所では変位量を求めることが可能であり、さらに2.5次元解析により鉛直方向の変位量を算出することが可能となる。一方、局所的にコヒーレンスが低下している箇所では大きなクラックや滑動が生じた可能性があり、堤防の変位量は検出できないまでも被災箇所の検出できる可能性が示唆された。

以上から、発災後のマルチハザードを想定したデジタルツイン構築のフローとして

- ・ Step1: 変位箇所を明確にするため、日常監視としてSentinel-1による時系列SBAS解析のデータを蓄積。
- ・ Step2: 発災後のデータから堤防マスクにより変位区間を抽出。河川デジタルツインに変位範囲と変位量を同化。
- ・ Step3: 発災後の氾濫解析の見直し(天端高の変更、堤防変状箇所から破堤確率の変更)。とするワークフローを提案する。

## 4 システム自動化方策

### (1) 自動解析システムの構成

#### a) 自動解析システムの全体構成

本研究では、洪水災害を対象としたプロトタイプを構築するスモールスタートを実施している。

プロトタイプは、浸水解析の条件設定および浸水解析を事前に準備し河川外水氾濫ハザードマップ高度化(確率化)を自動実行の対象として、解析におけるステップ毎に「解析レシピ」と称する小規模ルーチンを作成し、「解析レシピ」間を繋いで自動実行を行うための内容・順序を管理する「シナリオ管理レシピ」を構築した。

#### b) 解析レシピ

「解析レシピ」とは、解析シミュレーターのモデル自動構築、解析実行、解析結果とりまとめ等それぞれの機能を自動的に実行する仕組みである。解析の条件・手順は一つのファイルに記載し、そのファイルをシステム内部で解釈してシステムの呼び出し・実行・結果記録を自動的に行うものとする。解析レシピの概要を図-10に示す。本研究では、浸水シミュレーションは山野井ら<sup>2)</sup>による「DRSRIS」をパソコン上で利用して解析を実行している。



図-10 「解析レシピ」の設定内容・個別解析の流れ

#### c) シナリオ管理レシピ

複数の堤防決壊条件を一連として解析するために、「解析レシピ」の連結を図り、複数ケースを一連の処理として自動的に実行するシステムが必要となる。このため、一連の処理「シナリオ」を管理するレシピを別途構築する。「シナリオ管理レシピ」による設定内容・解析の流れを図-11に示す。並列解析の実行、解析完了通知の管理から結果集計・結果表示(静的・動的表示)への自動処理の実施等を管理する。

### (2) 自動化に対する既存シミュレーションシステムの調整

シミュレーションモデルの構築に際し、モデル構築に用いた基礎データ(国土数値情報、基盤地図情報)ならびにデータ加工・調整方法を整理し、シ

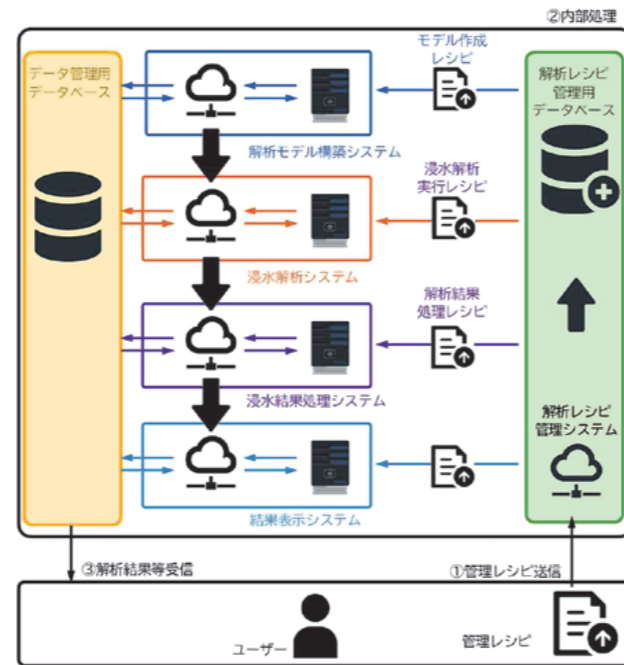


図-11 「シナリオ管理レシピ」の設定内容・個別解析の流れ

テム化を行う。また、モデル構築に際し河川に対する補正を行っている。河川に対する補正は、河川平面縦横断測量成果を基に自動的に河川区域内の5mメッシュモデルを構築するシステムを構築している。シミュレーション実施のためのモデルとして、地盤高・土地利用の要素から対象流域の5mメッシュモデルを構築している(図-12)。

この手法を用いて構築した河道内のメッシュモデルを図-12に併記する。この方法(d)により、CADを使って手作業にて作成した(b)、IDW法によるデータ作成結果(c)と比べ遜色ない結果が得られている(IDW法では支川合流部の処理に課題が残っている)。この方法の計算時間は1ケースで数秒程度であり、手動だと30人日必要な人工が、横断測量データの入力に必要な作業を加えても、1人日以下に削減できている。

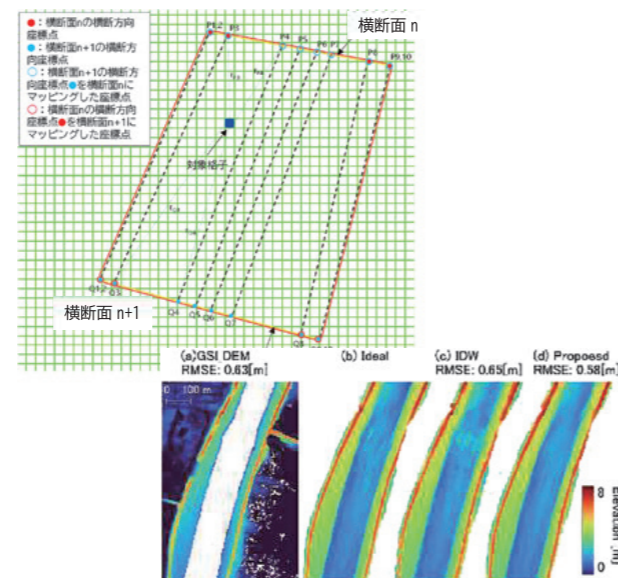


図-12 5mメッシュモデル自動作成概念図と作成例<sup>10)</sup>

### (3) 確率HMの可視化システム

浸水解析結果から確率HMを可視化するシステムとして、Pythonによる解析レシピを構築した。コードに基づく自動実行処理を行うことにより、浸水解析結果の確率HM向けGISデータ作成は所要時間約30分での実行が可能となっている。

## 5 今後の課題と展望

### (1) 今後の課題

本研究で提案した確率HMは、破堤確率を導入し、浸水リスク評価の精緻化を図り、氾濫実績のある河川を中心に他河川に展開する。破堤確率の反映方法としては、堤防周辺の水深・流速や土質条件等の関数として時間変化させ、モンテカルロシミュレーションを用いて、洪水期間中に時間変化する破堤確率を反映できるようにする。これにより、複数地点の破堤現象も考慮することが可能となる。「河川デジタルツイン自動実行システム」に、当該SAR解析のプロセスを組み込むことには、発災後迅速に堤防変状を取得しデジタルツインに同化する上記の作業プロセスの自動化の構築を目指す必要がある。「データ作成管理レシピ」内に組み込み、風水害以外に地震による地盤変形および道路・橋梁・建物への影響、地震後の津波による浸水、高潮発生による浸水等マルチハザードへの解析を進展させることとなる。

### (2) 今後の展望

河川デジタルツインの活用により、従来の破堤地点毎の浸水シナリオだけではなく、降雨シナリオや、地震による堤防・地盤沈下による被害状況等の不確実性ははらむ多くの要素を反映することにより、多様な性質の確率HMの作成が可能となる。さらに、行政側も防災の観点から、地域防災拠点や避難場所等の機能強化やリダンダンシー確保への活用の可能性が広がる。河川デジタルツインがあれば行動変容の啓蒙活動に有効なメタバース空間へのダイナミック表示(ダイナミックHM)も容易に可能となり、このような形態を含めて次世代HMの社会実装に向けて研究開発を進めていく。

また、自動実行レシピの考え方を展開し、防災デジタルツインのSaaS化を目指す。このSaaS化により、自動実行によるシミュレーション連鎖に加え、地震等災害発生後の調査結果の反映による迅速なデジタルツイン更新に繋げることが期待できる。

謝辞:本研究は、内閣府総合科学技術・イノベーション会議の戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)第3期「スマート防災ネットワークの構築」課題番号:23820891(研究推進法人:防災科学技術研究所)によって実施されました。ここに記して感謝申し上げます。

#### 参考文献

- 1) 多段階の浸水想定図及び水害リスクマップの検討・作成に関するガイドライン、国土交通省水管理・国土保全局、R5.1.
- 2) 山野井一輝、大谷英之、陳健、大石哲、堀宗朗:水-土砂の流出氾濫統合モデルの構築とHPCによる朝倉市杷木地区への適用、土木学会論文集 B1(水工学)、Vol.74、No.5、I\_889-I\_894、2018.
- 3) 多田毅:浸水確率の空間分布を考慮した浸水リスクマップの提案、土木学会論文集 B1(水工学)、Vol.72、No.4、I\_1339-I\_1344、2016.
- 4) 水害ハザードマップ作成の手引き:国土交通省水管理・国土保全局、R5.5.
- 5) 菊地暁、野村拓馬:破堤確率を導入して物理リスクの精緻化を試みる、SUMITOMO MITSUI TRUST RESEARCH INSTITUTE REPORT、2023.4.
- 6) 福岡捷二、田端幸輔:堤防破壊危険確率と堤防脆弱性指標に基づく堤防破壊危険タイムラインを用いた被災プロセスに見る化、第4回河川堤防技術シンポジウム講演概要集、2016.
- 7) 国土交通省東北地方整備局河川部:河川堤防における震後対応の手引き(案)【改訂版】、2015.
- 8) 大申文彦:SAR観測データによる時系列干渉解析の解説、リモートセンシング学会誌Vol.42 No.3、pp.217-223、2022.
- 9) 国土交通省九州地方整備局:緑川・白川堤防調査委員会 報告書、2017.
- 10) 山野井一輝他:河川標高データの自動作成による洪水氾濫災害の確率ハザードマップ作成(シンポジウム講演概要)、第27回応用力学シンポジウム、2024.

Keywords | 道路橋の老朽化対策、点検合理化、重要変状、維持管理、地域課題

# 高岡市管理橋梁の点検合理化について



**井上 雅夫**  
構造技術本部 構造部 次長  
博士、技術士(建設部門)、コンクリート診断士  
m.inoue@nix-japan.co.jp



**上坂 光泰**  
構造技術本部 構造部 点検調査グループ  
グループマネージャー  
技術士(建設部門)  
RCCM(鋼構造及びコンクリート)、道路橋点検士  
kousaka@nix-japan.co.jp



**米田 涼華**  
構造技術本部 構造部 構造橋梁グループ  
技術士補、橋梁点検士  
su.yoneda@nix-japan.co.jp



**稗田 拓海**  
構造技術本部 構造部 構造橋梁グループ  
技術士補、橋梁点検士  
t.hieda@nix-japan.co.jp

## 1 はじめに

高岡市が管理する道路橋は、令和5年4月現在で約1,160橋(橋長2m以上)ある。その多くが高度経済成長期(1955年から1973年)前後に建設された橋であり、今後、更なる老朽化の進行が予想される。定期点検は、富山県橋梁点検マニュアル(以下、「県要領」という)に準拠して平成26年より実施してきた。県要領は県管理橋を対象としたもので、全部材に対して近接目視を行い、多数の調査作成を基本とするものである。この定期点検費用が固定費となり、限られた予算の中において老朽化した橋の修繕に十分な予算を回せていない状況である。必要な修繕を加速させるために、定期点検費用の削減に取り組む必要がある。そこで、橋の要求性能を確保できるように健全性(老朽化の程度)判定の品質を担保したうえで、近接目視を実施する部材を限定する橋を選定し、あるいは近接目視に代わる新技術の適用等を検討し、横浜国立大学大学院都市インベーション研究院 細田教授の監修の下、本市独自の道路橋定期点検ガイドラインを作成することとした。

## 2 高岡市点検ガイドラインの考え方の特徴

本ガイドラインは、何のために定期点検を行うのかという原点に立ち戻り、点検内容の見直しを行ったものとなる。変状のなかで、耐荷性能、使用性が要求性能の近くまで低下している、もしくは要求性能を下回っている可能性を示す変状を重要変状(図-1)とし、状態の把握の対象を重要変状に限定することとしている。この重要変状は、上部構造形式別に高岡市の橋の変状を分析した結果と、橋の耐荷性能や使用性が損なわれる機構に基づいて選定している。

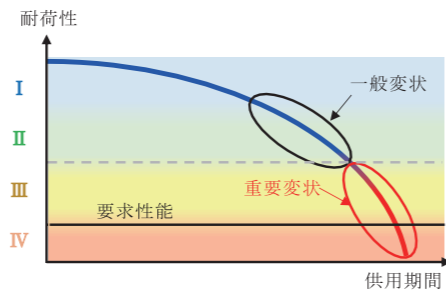


図-1 重要変状と耐荷性能のイメージ

令和6年3月に発出された道路橋定期点検要領<sup>1)</sup>は、従前の版から大幅に改定され、状態の把握において取得する情報は、耐荷性能、耐久性能、その他の使用目的との適合性の充足に関する評価に必要な情報と示された。本ガイドラインも同じ考えとしており、状態の把握は、耐荷性能、使用性から必要な情報を取得する考え方である。

また、道路橋定期点検要領では、診断において、想定する状況に対してどのような状態となる可能性があるかを検討することが求められる。本ガイドラインも同じ考えとしており、状態の把握の対象を重要変状に限定し、その重要変状は耐荷性能の程度と関連づけている。そのため、想定する限界状態に対し、それぞれの橋梁の健全性を適切に、かつ容易に判定できるようにしてある。

## 3 令和6年度版ガイドラインの概要

### (1) 橋の現状

高岡市の管理橋梁一覧(令和5年3月時点)に基づく道路橋の橋長、上部構造形式分布を図-2に示す。分割橋(幅員方向で上部構造形式が異なる橋)を構造形式単位で1橋とすると、2分割橋は24橋、3分割橋は4橋であり、道路橋の総数は1,192橋である。

橋長5m未満の橋が785橋(総数の約66%)である。RC中実床版橋(単純橋)、カルバート(ボックス構造で周長方向に継手が無い)という簡単な構造の橋が計928橋と総数の約78%を占める。

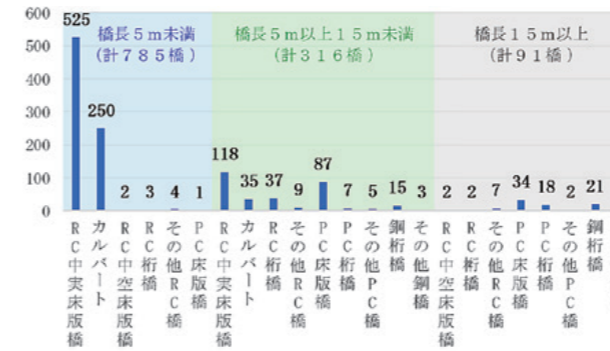


図-2 高岡市の道路橋の橋長・上部構造形式分布

全橋の健全性の分布はI(健全)が60.2%、II(予防保全段階)が33.7%、III(早期措置段階)が6.1%である。これに対しRC中実床版橋およびカルバートの健全性の分布を図-3に示す。RC中実床版橋は、Iが55.7%であり、全橋のIの割合より若干、小さい。これに対しカルバートは、Iが84.5%であり、全橋のIの割合より大幅に大きく、IIIは0.4%(1橋、下牧野194号橋)である。

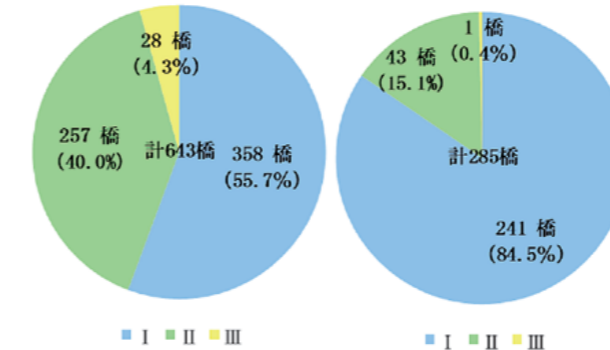


図-3 RC中実床版橋、カルバートの健全性の分布

### (2) 適用の範囲

本ガイドラインの橋梁点検への適用による効果の早期発見および本ガイドラインの課題の早期発見を

表-1 上部構造形式によるグループ

番号	上部構造形式	備考
1	RC中実床版橋	単純橋
2	カルバート	周長方向に継手が無い
3	RC中空床版橋	
4	RC桁橋	
5	その他RC橋	1~4以外のRC橋
6	PC床版橋	
7	PC桁橋	箱桁含む
8	その他PC橋	6、7以外のPC橋
9	鋼桁橋	箱桁含む
10	その他鋼橋	9以外の鋼橋

目的として、上部構造形式により分類したグループ(表-1)のうち、検討が終了したグループから順次、暫定版として発行するものとし、RC中実床版橋(グループ1)とカルバート(グループ2)が橋梁総数の約8割を占めるため、令和6年度版はまず、これを適用対象とした。

### (3) 変状の概要

令和5年3月時点の点検結果における変状の種類を整理した。RC中実床版橋における健全性IIとされた部材の変状は、剥離・鉄筋露出、ひびわれ、変形・欠損の順で多く発生している。次に、健全性IIIとされた部材の変状を詳細に把握した結果、剥離・鉄筋露出(減肉を伴う局所的でない鉄筋露出)、ひびわれ(ASRが原因と推定される)の順で多く発生していた。カルバートにおいては健全性IIとされた部材の変状は、ひびわれ、剥離・鉄筋露出の順で多く発生している。

### (4) 点検対象部材および重要変状

#### a) RC中実床版橋(グループ1)

RC中実床版橋の点検対象部材および重要変状は表-2のとおりとした。

表-2 点検対象部材および重要変状

構造部分	部材	重要変状	性能の状態
上部構造	床版(主桁)	幅0.2mm以上の曲げひびわれ(支間中央の橋軸直角方向)	曲げ耐力が低下
		減肉を伴う局所的でない鉄筋露出	曲げ耐力が低下
下部構造	橋台	局所的でない変形・欠損	曲げ、せん断耐力が低下
上下部接続部	支承部	支承部直下の橋台に変形・欠損	支承機能の喪失
その他(伸縮装置)	伸縮装置	20mm以上の段差	使用性(走行の安全性)が低下

令和4年度以前の点検において、RC中実床版橋643橋のうち健全性IIIは28橋である。IIIの決定要因となった変状を表-3に示す。

表-3 健全性IIIの決定要因の変状

部材	変状名	橋梁数	備考
床版	剥離・鉄筋露出	20	減肉を伴う広範囲の鉄筋露出
	ひびわれ	7	ASRが原因と推定される
橋台	ひびわれ	3	ASRが原因と推定される
地覆	変形・欠損	1	防護柵支柱根入れ部が広範囲に欠損
計		31	変状単位で計上した橋の総数



減肉を伴う局所的でない鉄筋露出



ASRが原因と推定されるひびわれ

減肉を伴う局部的でない鉄筋露出が見られた事例では、かぶり剥落して鉄筋の断面減少や、鉄筋の破断も見られた。表-3に示したひびわれについては、単にASRが原因と推定されるということでⅢと判定されており、本ガイドラインの考え方では重要変状に該当しないため除外した。表-3に示される変状の他に、各部材において耐荷性や使用性を明確に低下させる変状を追加して表-2とした。曲げひびわれについては、①点検時点で鉄筋応力が降伏点に近い状態に加えて②ひびわれから侵入する腐食因子により将来、鉄筋腐食が進行し①に至る状態を想定する必要がある。コンクリートのひび割れ、補修・補強指針2022<sup>2)</sup>では、ひびわれ幅w (mm)が $0.2 < w \leq 0.3$ で塩分環境下において部材性能への影響が中(20年耐久性)となっていることより、幅0.2mm以上の曲げひびわれを重要変状とした。

**b) カルバート(グループ2)**

カルバートの点検対象部材および重要変状は以下のとおりとした。

表-4 カルバートの点検対象部材および重要変状

構造部分	部材	重要変状	性能の状態
上部構造	頂版	頂版の幅0.2mm以上の曲げひびわれ(支間中央の橋軸直角方向)	曲げ耐力が低下
		減肉を伴う局部的でない鉄筋露出	曲げ耐力が低下
下部構造	側壁および底版	頂版と同じ	頂版と同じ
	翼壁	減肉を伴う局部的でない鉄筋露出	曲げ耐力が低下
	継手	土砂を伴う大量の漏水	利用者被害の予防能力が低下

カルバート285橋のうち健全性Ⅲは1橋である。Ⅲの決定要因となった変状は剥離・鉄筋露出であるが、各部材において、耐荷性や使用性を明確に低下させる変状でカルバートに発生する可能性のあるものを、中実床版橋を参考に追加して表-4とした。

**(5) 重要変状の状態把握方法**

**a) RC中実床版橋(グループ1)**

代表してRC中実床版橋の重要変状の状態把握方法について述べる。床版および橋台における重要変状の状態把握方法は表-5のとおりとした。路面は近接目視とする。表中のポールカメラ【近接】は、ポール先端に取付けたカメラで撮影した画像において、変状の判読が近接目視と同等に行えるものである。適用条件に加えて、近接目視が困難な狭隘部(橋台の前面に護岸がある橋の桁端部等)に適用するものとしガイドラインには適合例を示した。ポールカメラ

【遠望】は、撮影した画像において、変状の判読が部材から2m程度離れた目視と同等に行えるものである。他撮影技術は、近接目視およびポールカメラ【近接】が行えない場合に使用する撮影技術の総称である。

表-5 床版および橋台の重要変状の状態把握方法

桁下	水深	余裕	状態把握方法	
			前回健全性Ⅱ, Ⅲ	前回健全性Ⅰ
7.0m ~ 4.0m	0.5m未満	-	②ポールカメラ【近接】(鉛直)	③ポールカメラ【遠望】(鉛直)
			①近接目視(ポート) + ②ポールカメラ【近接】(鉛直)	③ポールカメラ【遠望】(側方から差込)
			②ポールカメラ【近接】(側方から差込) / ④他撮影技術	③ポールカメラ【遠望】(側方から差込)
4.0m ~ 0.8m	0.5m未満	0.5m以上	①近接目視(徒歩, 脚立, 梯子)	①近接目視(徒歩, 脚立, 梯子)
			②ポールカメラ【近接】(側方から差込) / ④他撮影技術	③ポールカメラ【遠望】(側方から差込)
			①近接目視(ポート) + ②ポールカメラ【近接】(鉛直)	③ポールカメラ【遠望】(側方から差込)
0.8m未満	-	0.5m以上	①近接目視	③ポールカメラ【遠望】(側方から差込)
			②ポールカメラ【近接】(側方から差込) / ④他撮影技術	③ポールカメラ【遠望】(側方から差込)
			②ポールカメラ【近接】(側方から差込) / ④他撮影技術	③ポールカメラ【遠望】(側方から差込)

**(6) 診断**

**a) 一般**

健全性の診断は、構造部分(上部構造、下部構造、上下部接続部、その他)、橋全体の順に行う。想定する状況は、活荷重、地震、豪雨・出水を基本とし、必要に応じてその他の状況を加える。これらの状況に対して、どのような状態となる可能性があるのかを以下に区分する。

- A: 何らかの変状が生じる可能性は低い
- B: 致命的な状態となる可能性は低いものの何らかの変状が生じる可能性がある
- C: 致命的な状態となる可能性がある

この区分の考え方を表-6に示す。重要変状が有る場合は、Cとなる。

表-6 橋の健全性および構造部分の想定する状況

橋の健全性区分	性能の水準	構造部分の状態	変状
I 健全	耐荷性、使用性、耐久性が竣工時より低下していない	A	変状無し
II 予防保全段階	耐荷性が竣工時より低下していないが、使用性、耐久性が竣工時より低下している。ただし、使用性は要求性能を大きく上回る	B	重要変状は無いが、他の変状が有る
III 早期措置段階	耐荷性、使用性が5年程度の間要求性能を下回ると予想される	C	重要変状が有る
IV 緊急措置段階	耐荷性、使用性が要求性能を下回る		重要変状が有る

上部構造、下部構造、上下部接続部、その他についての想定する状況に対する状態の最も悪い状態に基づき、橋の健全性を決定する。状態Cについては、ⅢもしくはⅣを判断することとなるが、ガイドラインにおいては基本検討条件を明示し、Ⅳとなる目安の状態を示した。

**b) RC中実床版橋(グループ1)の床版のⅣ**

上部構造(床版)の健全性は、表-7を参考に重要変状がⅣもしくはⅢのどちらに該当するか判断する。

表-7 RC中実床版橋 床版のⅣの目安

重要変状	Ⅳに分類する性能の水準/その目安となる変状の状態
曲げひびわれ	曲げ耐力: 主鉄筋の応力が降伏点に達する / 幅0.3mm以上の曲げひびわれ
減肉を伴う局部的でない鉄筋露出	曲げ耐力: 主鉄筋の応力が降伏点に達する / 橋長7m未満かつ床版厚28cm以上の場合 鉄筋減肉量30% (幅50cmの平均)
20mm以上の段差	使用性(走行の安全性): 一般車両の安全な通行が困難となる / 150mm以上の段差がある場合

・鉄筋減肉量: 鉄筋断面減少量の設計鉄筋断面に対する割合

基本検討条件は、市の橋梁の過半が架設年次不明であるなか、1950年代から大量架設が始まっている。RC中実床版橋に適用可能な最初の道路橋示方書が鉄筋コンクリート道路橋設計示方書解説<sup>3)</sup>であるため検討条件を表-8とした。

表-8 基本検討条件

項目	条件
準拠基準	鉄筋コンクリート道路橋設計示方書解説
橋の等級	二等橋(自動車荷重14t)
活荷重	T荷重(支間長が10m以下より)
鉄筋	異形鉄筋SSD49 降伏点3000kg/cm <sup>2</sup> 以上
	許容応力度 1800kg/cm <sup>2</sup>
コンクリート	$\sigma_{28} = 240 \text{ kg/cm}^2$
	許容応力度 80kg/cm <sup>2</sup> (曲げ圧縮)
かぶり	25mm

点検時に計測される曲げひびわれ幅は、死荷重によるひびわれ幅となる。死荷重および活荷重による主鉄筋応力に占める死荷重の割合は、橋長5m程度の橋で約7割である。そこで、降伏点3000kg/cm<sup>2</sup>の7割である2100kg/cm<sup>2</sup>の応力に対する曲げひびわれ幅を、コンクリート標準示方書【設計編】<sup>4)</sup>により算定すると、ひびわれ幅wが0.24mmとなる。そこで、曲げ耐力がⅣに分類される曲げひびわれ幅を0.3mmとした。

減肉を伴う局部的でない鉄筋露出の目安は、高岡市の実橋梁のうち、宮田町70号橋(橋長2.0m)、江尻219号橋(橋長3.0m)、浪岡65号橋(橋長4.9m)、北島81号橋(橋長7.3m)の4ケースにつき検討した。鉄筋の減肉量が増えると鉄筋周囲が広く露出している状態となる。降伏点3000kg/cm<sup>2</sup>の95%に達した時点で降伏と判断するものとし減肉量を試算した。

**(7) 点検結果の記録**

**a) 点検結果記録様式**

点検結果の記録は、国に提出する、道路橋定期点検要領の道路橋記録様式の様式1~様式3に加えて、画像取得位置等を記録する記録様式1に行うものとした。従来は、道路橋記録様式に加え、富山県橋梁維持管理システムにより点検調書を作成してきたが、本ガイドラインでは、点検方法等の合理化に加えて、記録に関しても合理化を図ることから、

富山県維持管理システムへの入力を省略するものとした。

**b) 点検結果記録様式**

点検結果の概要記録は、上下部工の形状概要や、交差物状況、重要変状位置等を360°カメラ画像を撮影することにより記録することとした。また、道路橋定期点検要領の様式2の記載に必要な変状は汎用カメラで撮影するものとした。

**c) 重要変状記録**

重要変状が有る場合には、変状箇所付近にマーキングし、マーキングとあわせて変状状態を汎用カメラにて撮影する。変状位置は360°画像撮影時にポール等で指し示すことにより記録する。近接目視が困難な狭隘部では、スケールとあわせて変状状態をポールカメラにて撮影するものとした。

**4 今後の課題**

抽出・選定箇所での現地検証による点検時間は、早いものでは1時間/橋となり、おおむね15%の点検費用の削減効果を見込んでいる。令和6年度は、本ガイドラインによる点検業務が発注されており、実際の削減効果を検証する必要がある。また、重要変状に対応した補修対策について、ガイドラインとして整備する予定としており、点検ガイドラインの対象橋梁についても、今後、鋼橋やPC橋等の対象形式を増やし、5mを超える橋長についても範囲を拡充すべく、重要変状の抽出について検討を継続する予定である。

謝辞: 本研究に際し、フィールドを提供いただいた高岡市都市創造部土木維持課、ご指導いただきました横浜国立大学 細田暁教授に深く謝意を表します。

参考文献

- 1) 国土交通省 道路局:道路橋定期点検要領(技術的助言の解説・運用標準)、令和6年3月
- 2) 公益社団法人 日本コンクリート工学会:コンクリートのひび割れ、補修・補強指針2022、pp.85-86、2022
- 3) 日本道路協会:鉄筋コンクリート道路橋設計示方書解説、p.1-15、昭和39年6月
- 4) 土木学会:2022年制定 コンクリート標準示方書【設計編】、p.242、2023年3月

Keywords | 地震・豪雨・豪雪・津波・液状化、今次災害、企業BCP、国土強靱化、使命感醸成

# 北陸大災害への対応と今次災害への備え (災害対応技術の継承)



開米 浩久  
取締役執行役員 インフラマネジメント事業本部 本部長  
技術士(建設、上下水道、農業)  
h.kaimai@nix-japan.co.jp

## 1 はじめに

災害が少ないと言われてきた北陸地方が未曾有の災害に見舞われている。幾つか抜粋しただけでも地震・豪雨・豪雪が身近な事象であることが窺える。

表-1 北陸地方を襲った災害(抜粋)

発災日	災害名称	被災概要
1858年 4月9日	飛越地震	富山・岐阜県境の跡津川断層を震源とする推定M7の直下型地震。死者426人、負傷者646人。
1858年 6月8日	安政5年 4月洪水	飛越地震による立山カルデラ・富山崩れが大崩壊し、常願寺川下流の富山平野に洪水と大量の土砂が押し寄せた。死者150人余り、家屋流失1500棟以上。
1948年 6月28日	福井地震	M7.1の内陸活断層による直下型地震。震度7(激震)創設のきっかけとなる。死者は3769人、負傷者20,000人以上。福井市内は大火により焦土と化した。
1954年 5月9日	低気圧急発達 (メイトーム)	低気圧が急速に発達し、日本海西部から北海道東方海上では暴風や高波により海難事故が多発した。死者・行方不明は約400人。
1956年 9月10日	魚津大火	富山県魚津市 魚津駅西側の住宅・商店密集地域で火災が発生。台風12号通過による強風で火勢が拡大。死者5人、焼失家屋1677棟。
1961年 8月19日	北美濃地震	石川、福井、岐阜の県境を震源とするM7.0の直下型地震。余震による斜面崩壊で落石、生き埋め事故が多数発生。死者8人、負傷者43人。
1961年 9月16日	第2室戸台風	台風18号が高知県室戸岬に上陸。中心気圧925hPaは上陸台風で最も低く、富山県で最大瞬間風速39.6m/sを記録。富山県：死者9人、負傷者178人。
1963年 1月26日	昭和38年 1月豪雪	北陸を中心に東北から九州で豪雪となり、積雪は福井市213cm、富山県186cm(1963/1/26)、金沢市181cmを観測。全国で死者・行方不明者231人。
1980年 1月15日	昭和56年 豪雪	北陸を中心に豪雪となり、積雪は富山県利賀村で430cm、福井市196cm、富山県160cm(1980/1/15)を観測。全国で死者・行方不明者231人。
2007年 3月25日	能登半島地震	能登半島沖を震源とするM6.9の逆断層地震。輪島市、七尾市、穴水町で震度6強を観測、石川県で震度6以上は初。死者1人、負傷者356人。
2023年 7月12日	令和5年 7月豪雨	線状降水帯発生により、広い範囲で土砂災害警戒情報を発表された。24時間降水量は砺波市176mm、富山県秋ヶ島205mmなど、統計開始以来の極値更新。
2024年 1月1日	令和6年 能登半島地震	能登半島沖を震源とするM7.6の逆断層地震。輪島市、志賀町で震度7を観測し、4m以上の津波遡上も確認された。死者・行方不明491人、負傷者1379人。
2024年 9月21日	令和6年9月 能登半島豪雨	台風14号から変わった温帯低気圧と秋雨前線により、能登半島を中心に記録的な豪雨となる。48時間雨量は輪島市498mm、珠洲市393mmと平年9月の2倍の雨量を観測した。死者16人、住宅被害1761棟。

2023年7月12日に発生した令和5年7月豪雨以降、令和6年能登半島地震、令和6年9月能登半島豪雨と立て続けに大災害が発生しており、被災された皆様、そのご家族には心よりお見舞い申し上げますとともに災害対応に従事された関係者に深く感謝を申し上げます。我々、建設コンサルタント技術者は自治体職員と連携し、初動調査、災害査定に向けた測量・調査・設計に従事し、被災地の早期復興、再度災害防止に向けた防災街づくりを通じて国土強靱化に取り組んでおりますが、これら災害を機に技術者の使命感を醸成し、今次災害の被害軽減に向けた取り組みの記録・発信を重要課題と捉えております。

本文は、これら災害対応の知見を共有することにより、未来を支える建設コンサルタント技術者の意識醸成を図るとともに、企業BCPの見直し契機になることを期待するものであります。

## 2 令和5年7月豪雨(2023年7月12日発災)

### (1) 気象概況

梅雨前線が北陸地方に南下し上空5500mには-6℃以下の寒気が流入した。7月12日に「顕著な大雨に関する富山県気象情報」、12日から14日に「土砂災害警戒情報」、「小矢部川氾濫危険情報」が発表され、24時間降水量は統計開始以来の極値を更新した。

### (2) 被災概要

富山県内の人的被害は死者1名、住宅被害は床上浸水51棟、床下浸水576棟、土砂崩れによる倒壊1件、河川の溢水・越水14件(合場川、冷川、坪野川、赤江川、磯川、黒石川、谷内川、地久子川、祖父川、西明寺川、子撫川、矢波川、横江宮川)、農地の浸水300ha。その他、道路・河川の決壊、農業・治山・林業・漁業被害が多数発生した。

### (3) 初動対応

富山県、富山市等の被災自治体からの要請、災

害協定に基づき被災調査に着手する。豪雨災害調査の鉄則は『河川水位の低下を待っての出動』である。浸食による堤防・斜面の二次崩壊の危険から身を守ることを最優先とし、移動手段(4WD車)、安全装備(ザイル)、撮影機材(UAV)を選定、出動する。



図-1 初動調査状況(一般国道472号)

### (4) 災害査定設計

道路、河川、海岸等の災害査定は「災害手帳(全日本建設技術協会)」に基づき実施される。ベテラン技術者には当たり前のことであるが、若手技術者には異質な思想と思えることが数多く記載されている。

災害査定は、何十年も続く伝統ある儀式であり、災害査定官の朱入れ(赤墨汁で復旧工事金額を記載する)を以て、一先ず完了する。これら伝統を継承すべく、「公共土木施設災害復旧の災害査定添付写真の撮り方(全日本建設技術協会)」に基づき、災害写真撮影方法を若手技術者に実践指導・継承する。



図-2 査定写真撮影状況(一級河川 辺呂川)

図-2は河川災害(河岸崩壊)における査定写真撮影風景であるが、ポール持ちの新卒技術者に対し、ポール横断とは、どのようなものか?を指導している状況である。撮影ポイント(上空)からも判る様に近年はUAV空撮が主流であり、ポール横断計測は殆ど無くなっているが、未曾有の大災害ではUAVの手配・充電も困難な状況も想定されることから、従来方式である災害対応技術の継承が重要である。

### (5) 災害対応の振り返り

前年の令和4年8月4日、石川県小松市・白山市を襲った集中豪雨には白山白川郷ホワイトロードなど、林道斜面の崩落が発生し、小松市の要請に基づき、林道の災害調査、復旧設計を担当した。これを経験した道路系技術者は2年連続で豪雨災害を担当することになるが、発災直後の初動対応、被災メカニズム分析、災害査定設計のノウハウを習得していたことから、短期決戦で災害査定を無事完了した。

一方、河川災害は被災箇所が多く、富山本社の河川系技術者の大半を投入し、査定設計に対応した。OJTを兼ね、発災2週間前に研修を終えた新入社員に対しては、災害起終点、D.H.W.L(洪水痕跡水位)、河床材料の調査・記録方法を指導するとともに河川災害特有のA・B・C表の作成、代表流速算定など、災害査定の手順・手法の継承に努めた。また、河川護岸の根入れ深さを現地を確認する手段として、河床への鉄筋棒挿入など、ベテラン技術者のノウハウ継承は今次災害において有益となることを確信した。

## 3 令和6年 能登半島地震(2024年1月1日発災)

### (1) 地震概況

令和6年1月1日16時10分、能登半島沖を震源(深さ16km)とするM7.6の地震が発生し、石川県輪島市、志賀町で震度7、珠洲市、七尾市、能登町、穴水町で震度6強、中能登町で震度6弱、隣県の富山県では、富山市、高岡市、射水市、氷見市では観測史上最大震度となる震度5強を観測した。

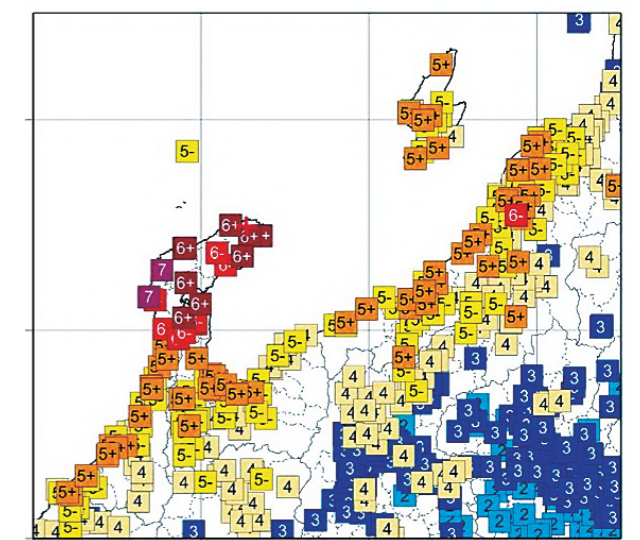


図-3 震度分布(2024/1/1/16:10)\*1

この地震により石川県能登地方に大津波警報、山形県から兵庫県北部に津波警報が発表され、新潟県から福井県にかけて津波が襲来し、震源に近い石川県珠洲市では最大浸水深は4mを観測した。

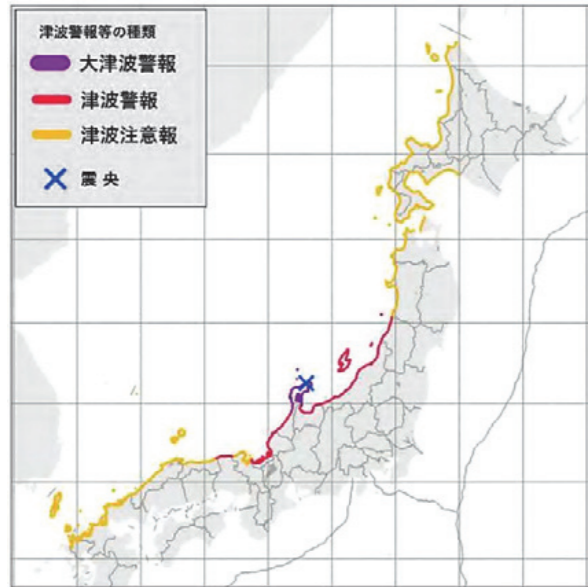


図-4 津波警報・注意報(2024/1/1/16:22)<sup>\*1</sup>

**(2) 被害概要(2024年12月24日現在)**

人的被害は死者・行方不明者491名(うち災害関連死261名)、負傷者1,379名、住宅被害は全壊6,445棟、半壊23,225棟、一部破損120,029棟に上る。ライフラインのうち上水道は136,440棟で断水し、断水期間は5ヶ月間(輪島市・珠洲市)に達した。

地盤変動は輪島市で約4mの隆起、珠洲市で約3mの水平移動が確認されており、4県(石川県、富山県、福井県、新潟県)32市町村で液状化が発生した。特に石川県内灘町、富山県氷見市、新潟市では深刻な液状化被害が発生し住宅の傾倒が生じている。

液状化発生箇所は、濃尾地震(1891年)、新潟地震(1964年)でも噴砂が確認された地域であり、砂丘、砂州、谷底低地の洪水常襲地が大半を占める。

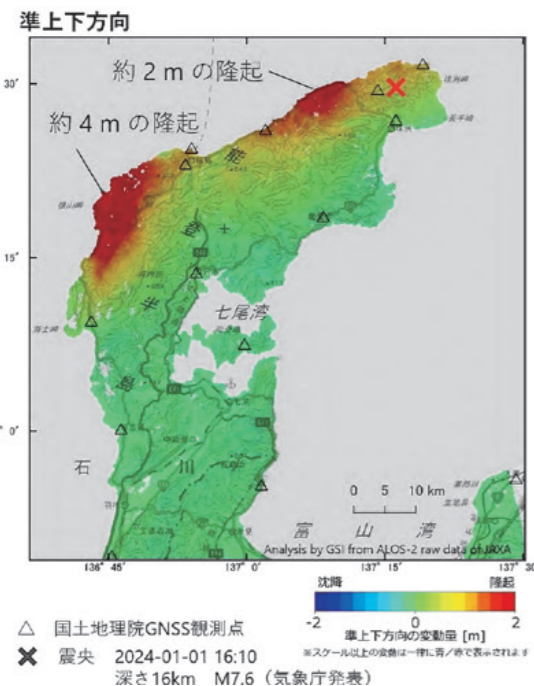


図-5 地盤変動(準上下方向)<sup>\*2</sup>



図-6 液状化被害(富山県氷見市)

**(3) 初動対応・被災調査**

**1) 発災当日(2024年1月1日)**

2024年1月1日 16:06第1波(M5.5 最大震度5強)、16:10 第2波(M7.6 最大震度7)が発生。交通網は寸断、大半の技術系社員は帰省しており、親族で正月気分を味わっている最中の出来事であった。

NiX JAPAN(株)においては、発災直後、速やかにWEB(Teams)災害対策本部を立ち上げ、対応方針決定、社員安否確認、富山本社・金沢支店をはじめとする北陸管内事務所の被災状況の収集に努めた。

**2) 発災2日目(2024年1月2日)**

帰省先に滞在している技術系社員は富山本社への出社に向け移動手段を模索するも、北陸方面の道路・鉄道・空路は完全にストップしており、交通網の再開を待っての移動となる。私事ではあるが、仙台市の自宅を10時に発ち、JR大宮駅で北陸新幹線の運転再開一番列車に乗車することができた。

この間、富山県より災害対応要請が届き、翌日からの被災調査に同行可能な技術系社員を招集する。

**3) 発災3日目(2024年1月3日)**

富山県氷見管内の道路・堤防崩壊箇所の被災調査に着手した。幸いにも富山市内のコンビニは通常営業しており、温かい食事をとることができた。



図-7 氷見市被災地にて昼食(2024/1/3)



図-8 氷見市被災状況(県道 仏生寺太田線)

道路は地震動と液状化により平坦性を失い、沢部(横断暗渠)では大規模な崩壊が発生している。

河川堤防は地震動と液状化による沈下・円弧すべり崩壊が発生しており、6月以降の出水期までに応急復旧工事を完了させることが求められた。

**4) 発災93日目(2024年4月2日)**

発災後3ヶ月を経過し、ようやく最大被災地の石川県輪島市に入る。幸いにも協力会社様を通じて輪島市門前に宿舎を確保し、ここをベースキャンプとして、県道38号(輪島浦上線)、二級河川河原田川、光浦海岸の早期復旧に向けた戦いに挑むことになる。



図-9 輪島市被災調査ベースキャンプ(門前町)

能登半島地震の斜面崩壊は、珠洲市から志賀町・七尾市と広範囲で発生しているが、輪島市と旧門前町に集中している。輪島市・旧門前町の海岸沿いの斜面は、表層部や表層と基岩の風化部が崩壊し、風化岩の岩塊が大量に落下し堆積しており、崩壊は平行から尾根上の斜面において、上部から発生しているものも確認され、相当深いすべり面を有している。

現在、復旧設計を進めている県道38号(輪島浦上線)においても、山側・海側斜面の大規模崩壊が多数発生しており、すべり面を確実に把握した上で対策工設計を進め、再度災害防止に努める所存である。



図-10 輪島市被災状況(県道 輪島浦上線)

**4 令和6年9月 能登半島豪雨(2024年9月21日)**

**(1) 気象概要**

台風14号から変わった温帯低気圧が能登半島を通過し局地的な集中豪雨発生した。最大1時間降水量は輪島121mm、珠洲84mm、24時間降水量は輪島で412mmを観測し、統計開始以来1位となった。

**(2) 被害概要(2024年12月24日現在)**

人的被害は死者16名、住宅被害は全壊110棟、半壊576棟、床上・床下浸水823棟。

1月1日の能登半島地震から僅か200日後に再び大災害に見舞われることを誰も予想できる筈がなく、自然災害の恐ろしさを改めて実感することになる。

**(3) 初動対応**

石川県からの要請を受け9月26日から被災調査に着手する。想像はしていたが、やはり爪痕は大きく地震災害からの増破は30%程度に達している。

**5 おわりに**

嘗て、阪神淡路大震災(1995年1月17日)、東日本大震災(2011年3月11日)の想像を絶する状況での災害調査・復旧設計を経験し、この経験を若手技術者に継承することを使命と感じている。国土強靱化により、これまで想定していた自然災害には十分な効果を発揮できても、地球温暖化影響と考えられる想定外の集中豪雨が頻繁に発生している現状においては、残念ながら災害調査・復旧設計の根絶は不可能であり、これを踏まえた企業BCPの構築と建設技術者としての使命感を醸成し、安全・安心な国土形成に引き続き貢献する所存である。

出典：  
 \*1 気象庁 HP  
<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/books/hakusho/2024/index2.html#toc-018>  
 \*2 国土地理院 HP  
[https://www.gsi.go.jp/uchusokuchi/20240101noto\\_insar.html](https://www.gsi.go.jp/uchusokuchi/20240101noto_insar.html)



Keywords | スポーツまちづくり、地域志向的モチベーション、両利きの経営、ケーススタディ

# 富山におけるサッカースタジアム整備のケーススタディ



市森 友明  
代表取締役社長  
技術士(建設部門・総合監理部門)  
博士(経営科学)

## 1 はじめに

近年、全国各地でスタジアム・アリーナ構想が立案され、検討が進められています。この理由の一つとして、地域プロスポーツが地域活性化の重要な要素として注目されていることが挙げられます。本稿では、特に整備要望が高いサッカースタジアムに関して、最近の動向と富山における整備の方向性について、科学的な観点からも考察します。

現在のサッカースタジアム整備の主なトレンドは以下の二つです：

- ・専用スタジアム化(陸上トラックがないことで、観客とピッチの距離が縮まり試合の臨場感が増します)
- ・多機能複合機能化(市中心部に立地することで、試合がない時期も施設を有効活用し、収益化を図ります)

専用スタジアム化によって、観客は選手の動きをより間近で感じることができ、スポーツとしての魅力と付加価値が増大します。また、多機能複合化および市中心部への立地は、スタジアムの経済性を向上させるだけでなく、付随する都市機能が周辺地域の活性化に寄与し、公共交通の活性化にも貢献する可能性があります(図-1)。

一方、日本の多くの地方都市では、サッカースタジアムが郊外で整備されるケースが多く、国体開催時に建設された陸上トラック主体の多目的スタジアムを使用しています。これにより、多くのプロサッカーチームが上述した二つの要素を兼ね備え

ていない施設をホームとして使用しています。ただし、少数ながら市街地に整備されたサッカー専用スタジアムも存在します。

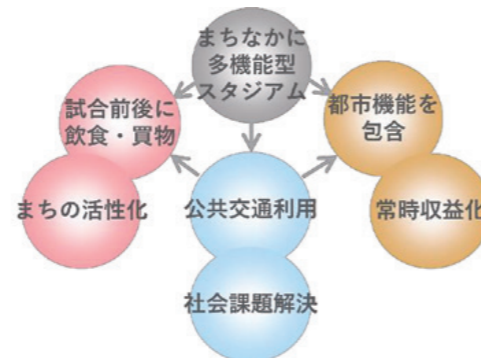


図-1 スタジアムとまちなかの関係

## 2 近年の整備事例

このような状況の中で、最近整備された広島スタジアムや長崎スタジアムシティは、その立地から、市中心部に位置するまちなかスタジアムとして評価されています。



図-2 長崎スタジアムシティ

特に、長崎スタジアムシティは新幹線長崎駅から徒歩10分の地点に位置し、スタジアム、アリーナ、ホテル、コンベンション施設、オフィスビル、商

業施設を含む多機能複合型スタジアムです。この施設は地元民間企業であるジャパネットたかたが総事業費1,000億円を投じて建設、及び、運営を行っています。都市インフラとサッカー専用スタジアムの一体型整備は世界的にも珍しい例で、長崎の成功は今後のスタジアム整備に大きな影響を与えると予想されます。

さらに、ジャパネットたかたが連結総売上高2,600億円の中から自己資金で1,000億円を投じた背景には、このモデルが収益性が高く持続可能であるとの見込みがあり、長崎スタジアムシティが将来的に地方のスタジアム整備の模範とされる可能性が高いと考えています。

## 3 駅周辺立地の優位性

私は学術研究では、公共交通の利用と企業業績との関係を探求し、その両立には地域を良くしようとする地域志向的モチベーションが仲介することを示しました。さらに、駅に近いオフィスで働く人々の地域志向的モチベーションが高いことも示しました[1]。また、スポーツ科学の研究分野では、地域プロスポーツへの支持と地域志向的モチベーションとの間に正の相関があることが示されています。この関係性を踏まえ、駅前にスタジアムを整備することで、まちが活性化し、オフィスが集積し、結果として企業業績が向上し、公共交通の利用促進にもつながる構造が形成されると考えられます(図-3)。

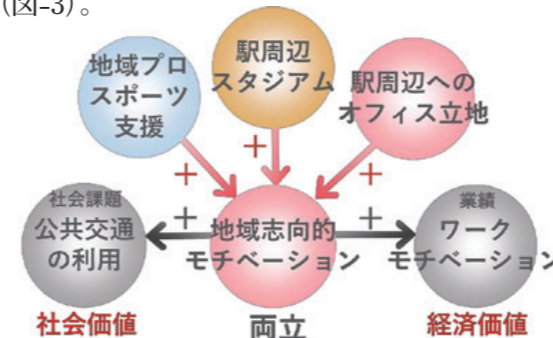


図-3 駅とスタジアムの関係(仮説)

この構造は、すべての要素を統計的に解析していないため仮説に過ぎませんが、多機能複合型まちなかスタジアムが地方都市の中心部の活性化に果たす役割は大きく、積極的な活用が望まれます。

## 4 スタジアム整備に必要な思考の軸

これまでの議論をジェームズマーチの両利きの経営フレームワークに整理します。

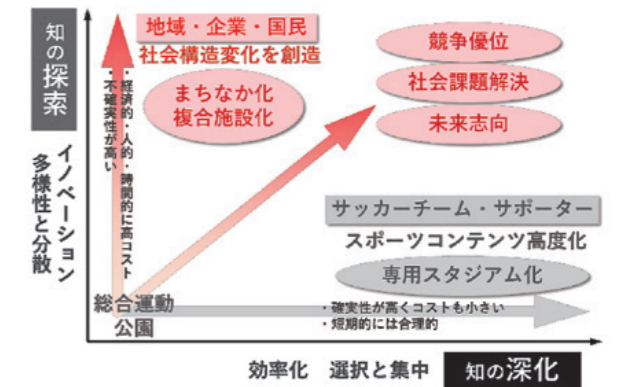


図-4 専用スタジアム化とまちなか立地の関係

専用スタジアム化は「知の深化」の軸(横軸)、まちなか立地は「知の探索」の軸(縦軸)と捉えられます。経営科学の研究では、日本の企業は横軸(知の深化)が得意とされており、それは強みでもありながら弱みでもあります。国内のスタジアム整備は、「知の深化」に偏りがちで、ステークホルダーがサッカーファンに限られるスポーツ志向と言えます。今後の整備では、「知の探索」、つまりまちなか立地という新たな思考が必要であり、これによりステークホルダーはサッカーファン以外にも拡大され、コミュニティ志向が付加されます。これによって両軸志向を持ち、競争優位性を確保する鍵となるでしょう。

## 5 立地について

これまでの考察に基づき、富山における理想的なスタジアムの立地について言及します。まずは、市中心部であること、次に、昼間人口の多い複合施設の利用が可能なエリアが適しています。また、米国のスポーツ科学の研究[2]によると、MBLの平均観客動員数は、スタジアムと人口重心の距離の2乗に反比例する項に依存することが示されています(図-5)。

注目トピックス

注目トピックス

**DID地域**であること →週末のゲーム・まちの賑わい  
**昼間人口過密地域**であること →平日のゲーム・まちの賑わい  
 昼間人口過密地域：昼間人口が夜間人口（常住人口）を上回る地域  
 【スポーツ科学の研究による示唆】  
 MLBの観客動員数の季節平均は**平均人口重心とスタジアムの距離の二乗に反比例**する項に依存する。**人口規模と距離が重要な変数**であり、**スタジアムと人口の重心との距離が短いほど観客動員数が増加**する。  
Namhun, Lim., Wanyong, Choi., Paul, Mark. Pedersen. (2019). Analyzing the relationship between stadium location and attendance. International Journal of Applied Sports Sciences. vol.32, No.1, 70-85.

$$\text{観客動員数} = \text{一定固定数} + \text{係数} \times \left\{ \frac{\text{最寄り都市人口規模} \times \text{世帯所得中央値}}{\text{スタジアムから最寄り都市人口重心までの距離}^2} \right\} + \text{誤差}$$

図-5 立地についての考察

例えば、広島の新スタジアムは、人口重心の距離が旧スタジアム(6.4km)に比べて5.4km短縮された1.0kmにあり、観客動員数が60%増加しており、これは上述の研究結果を支持する傾向を示しています。これを踏まえ、次章では富山駅前スタジアムの可能性について考察します。

## 6 ケーススタディ富山駅前スタジアムモデル

富山駅前にスタジアムを含む複合施設が立地可能なエリアとして、富山ゴールデンボウルや高志会館等の県の施設、及び、業業会館がある一体地域が考えられます。この候補地は、現在のホームスタジアムである総合運動公園と比較し、富山市人口重心からの距離が4.1km短縮され、富山駅から0.4kmの距離にあります。これにより、大幅な観客数の増加が期待され、駅と近い立地条件より公共交通の利用増加も見込まれます。現在の敷地内、及び、周辺にはオフィスや商業機能が集積しており、多機能複合施設としての潜在的な需要が既に存在します。

この立地の優れた条件を活かして、スタジアムを含む駅前複合型施設を計画してみます。この候補地に現在、ホテル、コンベンションホール、飲食、オフィス、行政施設等があります。さらにレジデンス等の新たな機能を加えることも考えられます(図-8)。

この配置の最大の特徴は、道路立体利用制度を活用し、道路上にスタジアムを配置することです。



図-6 候補地の概要



図-7 総合運動公園との立地比較

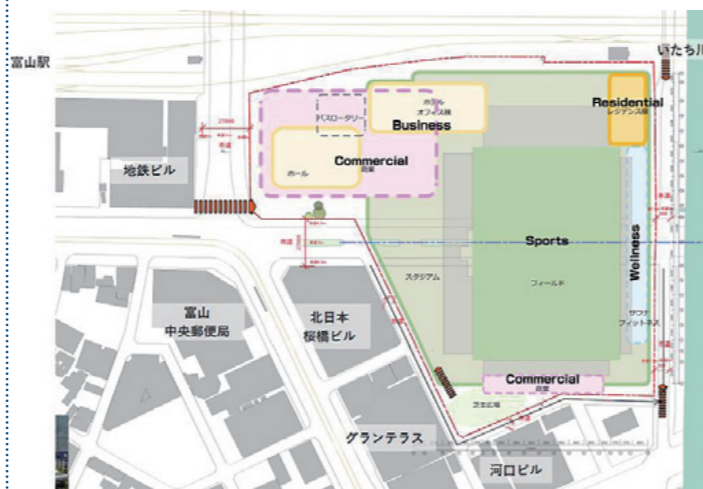


図-8 施設配置平面図

これにより、敷地の有効利用が図られ、地上階には既存施設である駐車場やボーリング場等が配置されます。これにより、日常的な施設利用の利便性が向上し、サッカーの試合開催時にも関係者の駐車場確保が可能となります。



図-9 富山スタジアムシティ(仮称)全景

また、老朽化した公共施設であるホテル、行政オフィス、民間オフィスビルを再開発し、そこにスタジアムを加えることで、今までに無い魅力を備えたエリアとして、新たな需要を喚起し、富山駅エリアの活性化に繋がることも期待されます。

## 7 事業計画について

事業費	全体事業費 413億円 (①④を民間都市再生事業【国認定】にする)				
	① 道路上下歩道デッキ	② スタジアム	③ ホテル・オフィス棟	④ ホール棟	⑤ マンション棟
86億円	43億円	150億円	134億円	30億円	
①42億円 ④44億円 (③は広島スタジアム参考)	地元企業30億円 県外企業15億円 個人3億円	年理想定収入等に基づく公債(県)27億円	県・市で折半	まち再生出資・社債取得業務(総事業費の50%)	①③④の半額想定

図-10 事業費の内訳(案)

本事業の総事業費は約400~500億円と見込まれています。アリーナや、大規模オフィスビル、商業施設が付加された長崎スタジアムシティが1,000億円であることを踏まえると、この見積りは概ね妥当な範囲内にあると考えられます。ここでは413億円の事業費と仮定した場合の内訳を示します(図-10)。公共整備部分はスタジアムと2階部分のペデストリアンデッキ等を公共予算で賄い、主な収益施設は民間による整備と仮定しています。この試算では、県や市の負担を100億円以下に抑えることが可能であり、整備後の収益を考慮することで、実質的負担は更に減額できると考えられます。

更には民間整備部分に関しても、民間企業はMINTO機構から最大事業費の半額まで出資を受けられる制度を活用することにより、有利な条件での事業計画が立案できます。このように、パブリックドリブン型の民間投資モデルの構築が本事業において重要となると考えられます(図-11)。

行政主導の戦略的事業を前提に、民間が積極的に投資決定

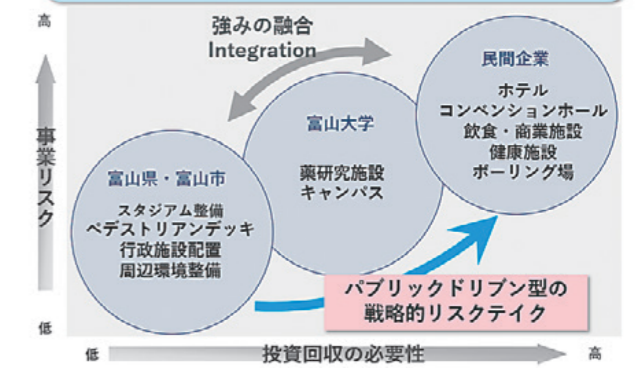


図-11 パブリックドリブン型の民間投資(案)

## 8 今後の展開

これからのスタジアム整備は、まちづくりに貢献することが望まれます。今回ケーススタディでは、駅前立地、潜在的な需要、既存施設のリニューアルといった、一般的な市街地再開発事業のスキームを用いて整備が進められることが可能です。これは、リニューアルされたまちづくりが事業の本質的な目的であり、その価値を高めるためにサッカー専用スタジアムが位置付けられています。本モデルは多くの課題を抱えていますが、最も実現可能性の高いモデルの一つとして、今後の展開が期待されています。

### 参考文献

- [1] 市森友明, 西垣友貴, 山田忠史, 「地域志向とエコ通勤に着目した地域企業の社会的課題解決とワークモチベーション向上の両立可能性に関する研究」, グローバルビジネスジャーナル, 7(1), pp44-55, 2021.
- [2] Namhun, Lim., Wanyong, Choi., Paul, Mark. Pedersen. (2019). Analyzing the relationship between stadium location and attendance. International Journal of Applied Sports Sciences. vol.32, No.1, 70-85.