

SIPインフラ新技術地域実装活動報告書

～地域のインフラ維持管理の今後に向けて～

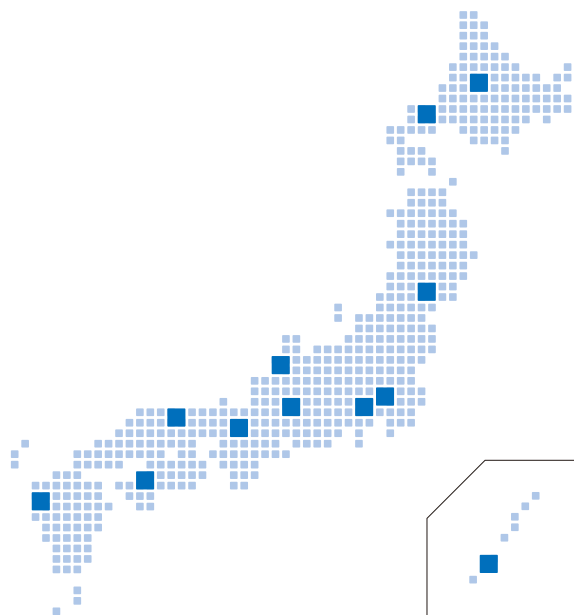


編集

戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)
インフラ維持管理・更新・マネジメント技術
SIPインフラ地域実装支援チーム

発行

土木学会 技術推進機構
SIPインフラ連携委員会
新技術の地域実装促進小委員会





SIP インフラ新技術地域実装活動報告書

～地域のインフラ維持管理の今後に向けて～



土木学会 SIPインフラ連携委員会 委員構成

アドバイザー	藤野 陽三	横浜国立大学、SIPインフラ PD
	魚本 健人	東京大学、名誉教授
	阪田 憲次	岡山大学、名誉教授
委員長	田崎 忠行	(一社)日本建設機械施工協会、SIPインフラ サブ PD
幹事	○ 阿部 雅人	(国研)科学技術振興機構(JST)
	岩波 光保	東京工業大学
	岡田 有策	慶應義塾大学、SIPインフラ サブ PD
	新田 恭士	(国研)土木研究所
	○ 信田 佳延	(国研)科学技術振興機構(JST)
	若原 敏裕	清水建設(株)、SIPインフラ サブ PD
	○ 和田 祐二	(国研)科学技術振興機構(JST)
委員	小澤 一雅	東京大学
	黒田 保	鳥取大学
	建山 和由	立命館大学
	手塚 寛之	国土交通省
	土橋 浩	首都高速道路(株)
	中村 光	名古屋大学
	長井 宏平	東京大学
	野澤 伸一郎	東日本旅客鉄道(株)
	濱田 秀則	九州大学
	福森 浩史	清水建設(株)
	前川 宏一	東京大学
	松田 浩	長崎大学
	水口 和之	東日本高速道路(株)
	宮武 晃司	内閣府
	矢吹 信喜	大阪大学
横田 弘	北海道大学	
六郷 恵哲	岐阜大学	
オブザーバー	渡邊 基史	内閣府
	千田 篤史	(国研)科学技術振興機構(JST)
	生井 達朗	(国研)新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)

(○印:代表幹事)

新技術の地域実装促進小委員会 委員構成(平成30年度)

委員長	六郷 恵哲	岐阜大学
副委員長	黒田 保	鳥取大学
	鳥居 和之	金沢大学
	松田 浩	長崎大学
幹事長	宮里 心一	金沢工業大学
幹事	岡田 有策	慶應義塾大学、SIPインフラ サブPD
	重野 寛	慶應義塾大学
	新田 恭士	(国研)土木研究所
	信田 佳延	(国研)科学技術振興機構(JST)、SIPインフラ幹事
	若原 敏裕	清水建設(株)、SIPインフラ サブPD
	和田 祐二	(国研)科学技術振興機構(JST)、SIPインフラ幹事
委員	井上 陽介	(株)価値総合研究所
	石川 敏之	関西大学
	牛島 健	(地独)北海道立総合研究機構
	大林 厚臣	慶應義塾大学
	鎌田 貢	東北大学
	木下 幸治	岐阜大学
	下里 哲弘	琉球大学
	千々和 伸浩	東京工業大学
	全 邦釘	愛媛大学
	中川 智絵	東北大学
	中村 公一	鳥取大学
	半井 健一郎	広島大学
	羽田野 英明	岐阜大学
	山口 浩平	長崎大学
横田 弘	北海道大学	

目 次

	頁	No.	
	02		委員構成
	04		目次
	06		知りたいことが掲載された報告文の探し方
まえがき	08		地域実装活動に感謝しSIPインフラ新技術の更なる展開を望む 藤野 陽三 (SIP PD、横浜国立大学)
導 入	12	A-1	インフラ維持管理の将来像 ～点検・モニタリング・診断技術のイノベーション～ 若原 敏裕 (SIPインフラ サブPD、清水建設(株))、水谷 司 (東京大学)
	15	A-2	地域実装活動をもとに描く社会 ～インフラメンテナンス将来像～ 全 邦釘 (愛媛大学)
	18	A-3	なぜインフラメンテナンスにオープンイノベーションなのか？ 阿部 雅人 (科学技術振興機構、インフラメンテナンス国民会議実行委員)
	21	A-4	インフラメンテナンスへの新技術活用における障害と対策 ～ヒアリング調査をもとに～ 矢島 賢治 (大日コンサルタント(株))、蓮池 里菜 (岐阜大学院生)、六郷 恵哲 (岐阜大学)
	25	A-5	地方自治体のインフラ維持管理における新技術導入に向けたシナリオ 井上 陽介 (株) 価値総合研究所)
	29	A-6	シーズとニーズの構造からみる新技術のビジネス化 ～イノベーションと社会実装を促すマネジメント～ 大林 厚臣 (慶應義塾大学)
	33	A-7	シーズとニーズの構造からみる技術開発マネジメント ～課題と提言～ 大林 厚臣 (慶應義塾大学)
	36	A-8	SIPに対する一般市民の意識アンケート調査 依田 高典 (京都大学)、黒田 敏史 (東京経済大学)、平田 研二 (富山大学)
	38	A-9	制度・政策論的な視点で捉えた技術の普及方策 高松 泰 (北海道大学)
技 術	44	B-1	地域が使いやすい技術と社会実装状況 井上 陽介 (株) 価値総合研究所)
	48	B-2	SIP開発技術と橋梁定期点検要領の26損傷との関係 松田浩 (長崎大学)、山口浩平 (長崎大学)
	50	B-3	琉球大学SIP主催の技術講習会参加者が考える「利用したい新技術」と「新技術の利用に対する障害」 崎原 康平 (琉球大学)、富山 潤 (琉球大学)、山田 義智 (琉球大学)
	54	B-4	近接目視・打音検査等の機能を有する飛行ロボットによる点検システム 鶴田 浩章 (関西大学)、古田 均 (関西大学)
	58	B-5	損傷を有するRCT桁橋およびその切断桁載荷試験への新技術の適用 松田 浩 (長崎大学)、山口 浩平 (長崎大学)
	62	B-6	高感度磁気非破壊検査による照明柱基部の腐食の検出 石川 敏之 (関西大学)、古田 均 (関西大学)
	64	B-7	水中構造物の損傷の調査と対策 ～四万十川・岩間沈下橋～ 全 邦釘 (愛媛大学)
	66	B-8	無線センサネットワークを活用した斜面モニタリング事例 ～SIP技術と大学発技術のコラボレーション～ 杉本 知史 (長崎大学)、石塚 洋一 (長崎大学)

	頁	No.	
技 術	69	B-9	モバイルプロフィロメータ (MPM) の北海道中核都市における地域実装と合理的な路面点検 富山 和也 (北見工業大学)、三上 修一 (北見工業大学)
	73	B-10	CalSokを活用した河川堤防法面のモニタリング ～地域実装支援により高度化する点検技術～ 白井 正孝 (朝日航洋㈱)、関 晃伸 (朝日航洋㈱)、羽田野 英明 (岐阜大学)
地 域	78	C-1	北陸4県における道路橋の維持管理に関する自治体の課題とニーズ 宮里 心一 (金沢工業大学)、鳥居 和之 (金沢大学)、深田 幸史 (金沢大学)、伊藤 始 (富山県立大学)、鈴木 啓悟 (福井大学)、花岡 大伸 (金沢工業大学)
	81	C-2	地域において必要な技術的ニーズの炙り出しと技術者の関わり方 國枝 稔 (岐阜大学)、古澤 栄二 (㈱テイコク)、牧野 徹 (大日コンサルタント㈱)
	83	C-3	産学官連携による橋梁メンテナンス統合データベースシステムの構築と自治体への導入支援 久田 真 (東北大学)
	87	C-4	各自治体の実情に応じたアセットマネジメントシステム構築の試み 小澤 一雅 (東京大学)、千々和 伸浩 (東京工業大学)
	91	C-5	地域が自ら支える水インフラ維持管理：地方自治体と地域の新たな役割分担のかたちとそのための技術 牛島 健 (北海道立総合研究機構)
	96	C-6	ロボット技術による橋梁定期点検の効率化・高度化と交通規制の大幅短縮 六郷 恵哲 (岐阜大学)、羽田野 英明 (岐阜大学)
	100	C-7	鋼橋定期点検へのロボット技術の活用の考え方 羽田野 英明 (岐阜大学)、六郷 恵哲 (岐阜大学)
	104	C-8	地方自治体のインフラ維持管理システムの開発と橋梁点検へのロボット技術の活用 黒田 保 (鳥取大学)
	108	C-9	UAV撮影画像の解析技術を活用した離島橋梁のひび割れ点検の効率化 富山 潤 (琉球大学)、山田 義智 (琉球大学)
展 開	114	D-1	東北インフラ・マネジメントプラットフォームの構築と展開 久田 真 (東北大学)
	116	D-2	九州橋梁・構造工学研究会 (KABSE) と連携した新技術の評価活用 松田 浩 (長崎大学)、山口 浩平 (長崎大学)
	118	D-3	北陸地方の自治体職員を対象にした人材育成の取組み 宮里 心一 (金沢工業大学)、鳥居 和之 (金沢大学)、花岡 大伸 (金沢工業大学)、深田 幸史 (金沢大学)
	122	D-4	新技術実装を担うスーパー道守構想 松田 浩 (長崎大学)、高橋 和雄 (長崎大学)
	124	D-5	沖縄発！橋梁点検実務者の技術力向上を目的としたブリッジインスペクター研修 下里 哲弘 (琉球大学)、田井 政行 (琉球大学)、須田 裕哉 (琉球大学)
	127	D-6	厳しい塩害環境下の沖縄における産学官連携による橋梁保全マイスターの育成と新技術検証 下里 哲弘 (琉球大学)、田井 政行 (琉球大学)、有住 康則 (琉球大学)
	129	D-7	技術者教育教材としてのインフラミュージアム 國枝 稔 (岐阜大学)、沢田 和秀 (岐阜大学)、荻谷 敬三 (岐阜大学)、木下 幸治 (岐阜大学)
	133	D-8	インフラ維持管理技術および制度の国際展開と人材育成 横田 弘 (北海道大学)、長井 宏平 (東京大学)、金縄 知樹 (独立行政法人国際協力機構)
	135	D-9	JICAとSIPインフラとの連携により加速されるインフラメンテナンス技術の海外実装 金縄 知樹 (独立行政法人国際協力機構)
あとがき	139		魅力あるインフラメンテナンス分野の未来に向かって ～地域実装支援活動を振り返る～ 六郷 恵哲 (岐阜大学)

知りたいことが掲載された報告文の探し方

自分自身や家族が病気になり、痛みで苦しんだり、生活に支障が生じたりすると、治療を試みる。例えば、頭痛が発症したとき、飲み薬を購入するために薬局へ行った。商品棚に複数種類の頭痛薬があったら、どのように選ぶだろうか？薬剤師がおすすめる薬として、効果のあった患者の事例、利用者による効果目の感想、複数人への投薬に対する効果のアンケート結果、などがあれば、大いに参考なることだろう。

区分	テーマ	No.	キーワード (主にタイトルより)	適用事例	意見や感想	アンケート
導入	地域のインフラ維持管理の将来像	A-1	インフラ維持管理／将来像／イノベーション			
		A-2	インフラ維持管理／将来像／地域実装			
	地域への新技術の導入方法	A-3	インフラ維持管理／オープンイノベーション			
		A-4	新技術適用／障害／対策			○
		A-5	新技術適用／地方自治体／導入方法		○	
		A-6	シーズ・ニーズ／ビジネス化／マネジメント			
		A-7	シーズ・ニーズ／技術開発マネジメント／課題・提言			
		A-8	SIP／一般市民／意識／アンケート調査			○
		A-9	社会科学／制度政策論／技術普及促進方策		○	
技術	SIPの新技術	B-1	SIP開発技術／導入判断／実装状況			○
		B-2	SIP開発技術／橋梁定期点検要領／損傷の種類	○		
		B-3	新技術適用／技術講習会参加者／対策／障害			○
	橋梁点検の事例	B-4	近接目視／打音検査／飛行ロボット	○	○	
		B-5	実橋への新技術適用／RCT橋／切断桁の曲げ試験	○		
	腐食測定の実例	B-6	高感度磁気非破壊検査／照明柱基部／損傷検出	○		
		B-7	水中構造物／損傷／調査／対策	○	○	
	斜面観測の実例	B-8	無線センサネットワーク／斜面モニタリング／コラボレーション	○		
	路面点検の実例	B-9	モバイルプロフィロメータ (MPM) ／路面点検／地域実装	○	○	
	堤防点検の実例	B-10	河川堤防／モニタリング技術／地域実装	○		

本書において、社会インフラを維持する管理者が、上述の患者に相当する。したがって、管理者が知りたいこと(テーマ、キーワード)を紹介する内容が、どこに掲載されているかを認識できるように表を作成した。さらに、SIPの新技术を適用して維持管理した事例、新技术への意見や新技术を活用した感想、新技术に対するアンケート結果も含む報告文には、○を付した。

区分	テーマ	No.	キーワード (主にタイトルより)	適用事例	意見や感想	アンケート
地域	維持管理におけるニーズ	C-1	道路橋／維持管理／自治体／ニーズ	○		
		C-2	地域／技術的ニーズ／技術者／関わり方	○		
	データベースの活用	C-3	産官学連携／橋梁メンテナンス／統合データベースシステム		○	
	合理的な体制	C-4	自治体／インフラ／地域特性／アセットマネジメントシステム構築	○		
		C-5	地域／水インフラ／維持管理／自治体／役割分担	○		
	橋梁の維持管理の先進事例 (ドローンを含むロボット技術)	C-6	ロボット技術／橋梁／定期点検／高度化	○	○	
		C-7	ロボット技術／鋼橋／定期点検／考え方	○		
		C-8	ロボット技術／自治体／インフラ維持管理	○		
		C-9	UAV／撮影画像／離島橋梁／ひび割れ点検	○		
展開	広域連携の事例	D-1	インフラ・マネジメントプラットフォーム／構築・展開	○		
		D-2	九州橋梁・構造工学研究会 (KABSE) ／地域連携／新技术評価	○		
		D-3	北陸／自治体職員／人材育成／技術展示会	○		
	維持管理技術者育成の事例	D-4	新技术実装／スーパー道守構想	○		○
		D-5	橋梁点検実務者／技術力向上／ブリッジインスペクター	○	○	
		D-6	産官学連携／橋梁保全マイスター／育成	○		
		D-7	技術者／教育教材／インフラミュージアム	○		
	国際展開の事例	D-8	維持管理技術・制度／国際展開／人材育成			
		D-9	JICA／SIPインフラ／連携／国際展開	○		
	あとがき		インフラメンテナンス／未来／地域実装			

■ 地域実装活動に感謝し ■ SIPインフラ新技術の更なる展開を望む

**藤野 陽三**

SIPインフラ プログラムディレクター (PD)
横浜国立大学 上席特別教授

内閣府総合技術・イノベーション会議(CSTI)が主導する戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)の10課題が2014年度から5年計画で始まり、その一つにインフラ維持管理・更新・マネジメント技術(以後SIPインフラと呼ぶ)が選ばれ、私はそのプログラムディレクター(PD)の任を当初から務めてきました。SIPインフラの中で3年目の2016年度から開始した地域実装支援チームの活動をまとめた報告書をここにNSEますことはこの上なく嬉しいことであり、感無量の気持ちです。執筆してくださった方は勿論ですが、地域実装支援チームの活動に参加いただいた方々すべてに深くお礼を申し上げます。取りまとめに尽力された六郷恵哲先生にはただただ感謝です。

SIPインフラは、国土交通省による直執行のものも一部にありましたが、大部分は2014年夏に研究開発課題を公募し、ヒヤリング審査を経て選び、総数60テーマでスタートしました。他のSIP課題に比べ、圧倒的にテーマ数が多く、分野も広く、また首都圏以外からの小企業や大学からの参加が多いのが特徴でした。関与している研究者や技術者も1000名をゆうに超える規模で、土木系以外からの参加がほぼ半数で異分野融合が期待できるものでした。これまでにインフラ関係でこのように大規模で様々な分野の方が参画したプロジェクトはなかったと思います。

この原稿を書いている、まさしくちょうど4年前の

2014年12月に東京大学武田ホールでキックオフ会議を持ちました。そのとき参加者の皆さんには「基礎から社会実装までを、異分野融合で横申しをさし、使いたくなる技術・システムを作ってください。それが出来れば、イノベーションです」とお願いし、その気持ちは変わることなく、今に至るまで何度も何度も言い続けています。

始めて間もなくは、個々の課題に、アドバイスをしたり、抜けている部分がある場合にはパートナーを見つけてきたり、成果が上がるための活動を、プロジェクト推進会議のメンバーと行ってきました。各研究開発チームもひたすら成果を挙げることに邁進してきました。お蔭で、「使える技術」さらには「使いたくなる技術」に次第に成長してきたように思います。

SIPのお目付け役であり、総合科学技術・イノベーション会議の中には、CSTI議員のほか有識者から構成されるガバニングボード会議(年2回開催)という重要な場が設けられており、SIPのすべての課題はここで厳しく評価され、年度ごとの予算が決まります。研究開発成果について問われることは勿論ですが、社会実装に至る道筋やその見込みについても初回から毎回、厳しく問われました。

正直言いまして、社会実装について、当初、私はやや甘く考えておりました。SIPで開発された技術は、技術者集団がしっかりしている道路会社に加えて国交省などのネットワークで何とか使ってもらえんと思っていたところがありました。

しかし、道路インフラの7割を管理しているのが地方自治体であり、近接目視による橋梁やトンネルの点検が制度化され、いろいろな面で窮していることが私の耳にもいろいろ伝わってきました。地方のインフラを守ることは、地方の持続性にも深く関係することであり、日本の将来にも大きく関わる極めて大事な課題です。SIPインフラが地方自治体のインフラの健全化、それによる地方の活性化に貢献するために必要な組織として、サブPDの若原敏裕さんと2年目からサブPD就任をお願いした岡田有策先生から提案されたのが地域実装支援チームの構想でした。

SIPインフラで開発した技術やシステムを実際に使うのは民間のコンサルタントや建設会社かも知れませんが、施設管理者、いわゆる役所から請け負った仕事の場合がほとんどですから、管理者の理解が欠かせません。しかし、官と民との甲乙関係の中ではなかなかコミュニケーションがとりにくいことも事実です。そういう中で、大学や公的な研究所は、その間に入って両者を結ぶことが可能で、SIPインフラで開発された技術の地方展開では大きな役割を果たすであろうとの期待をもったわけです。

2016年度には地域実装のためのチームを公募し、北は北海道から南は沖縄まで九つの地域実装支援チームと一つの地域実装の戦略を考えるチームを採択しました。国立大学だけでなく私立大学も採択できたのはとてもよかったと思います。地域の代表としての役割がもともとあった東京大学と金沢大学チームも加えて12の地域実装支援チームで、全国をカバーできる体制ができあがりました。これまでも地域インフラのメンテナンスに永年、関わってきた岐阜大と長崎大のチームには全体の取りまとめの役をお願いしました。六郷恵哲先生（岐阜大）にはSIPインフラ地域実装連携会議の代表に、松田浩先生（長崎大）には副代表になっていただき、これまで経験のなかった愛媛大や鳥取大などのチームのガイド役をお願いしました。先輩方に教わりながら、情報を交換しながら、新米のチームもどんどん成長していきました。

SIPインフラそのものの紹介セミナーに始まって、開発された技術を実際のフィールドでの適用、ドロー

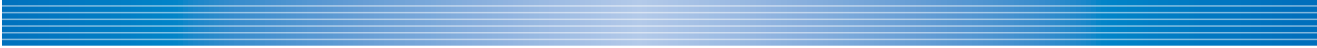
ンによる橋梁点検支援などや、開発技術を知ってもらうための地域での講習会やデモなど、さまざまな、数多くのイベントが地域で展開されました。県や市だけでなく、地元のコンサルタントや建設会社も巻き込んで実施できたのはとてもよかったと思います。SIPインフラで研究開発を実施してきた中には、土木系でない方も多くおられます。その方たちから、「地域実装支援チームに実証現場を紹介いただき自分の技術を試し、実際に維持管理に携わっておられる方からいろいろな意見を聞くことが出来て、とても参考になった」というような意見をたくさんいただきました。

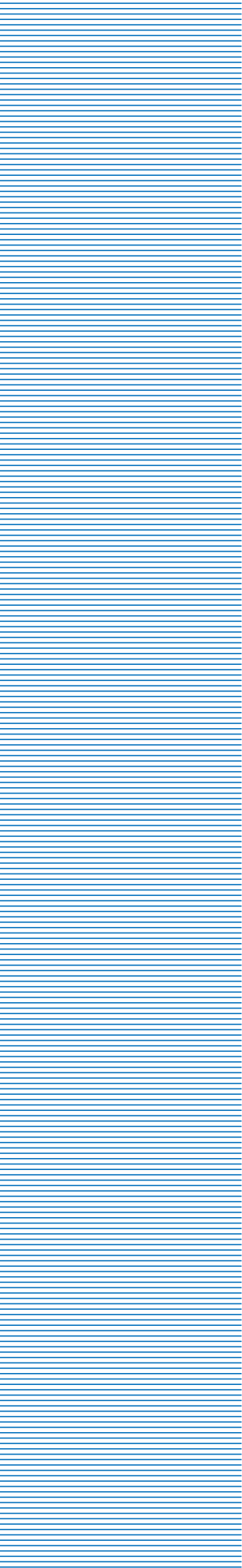
東京生まれで東京育ちの私にとり、地域実装支援チームの活動は驚きの連続でした。「内閣府」という霞が関の一丁目一番地で大きな声で叫んでもなかなか声が届かなかった地方が動きだしたように感じました。このような活動を通じて、地域の大学の輝きも増してきたように私には見えます。

この報告書には地域実装支援チームの活動が様々な面から記述されており、これからの地方創生の活動にも参考になるものと期待しています。いろいろな場面で活用されることを望んでいます。

2018年度はとりわけ、豪雨や地震による被害が地方に数多く発生した年でした。今、地域のレジリエンスをいかに高めるかが我が国の大きな課題となっています。SIPインフラで展開した地域実装支援チームの活動形態はレジリエンスにおいても有効であると思っています。ここでも新しい展開を期待したいと思います。

最後に、地域実装支援チームの活動を様々な方向からガイド、応援するために献身的な活動をしてくださったプロジェクト推進会議の委員の皆様、JSTフェローの皆様、そして内閣府、国土交通省、インフラメンテナンス国民会議、JICA、JST、NEDOの機関の方々にも心からお礼を申し上げて、はじめのことばとさせていただきます。





導 入



インフラ維持管理の将来像

～点検・モニタリング・診断技術のイノベーション～



若原 敏裕

SIPインフラ サブPD
清水建設(株) 上席研究員



水谷 司

東京大学
特任講師

点検・モニタリング・診断技術の分類

SIPインフラの研究・開発課題の内、点検・モニタリング・診断に関わる技術は、点検技術者による近接目視を代替・支援できる技術として点検支援ツール、スクリーニング、常設モニタリング、詳細点検技術の4つに分類される。本稿では、それらの技術が点検実務にどのような変化を与えるのかについて紹介するとともに、技術の普及・展開に不可欠な現状の課題に触れる。なお、紙面の制約から全ての技術を紹介できないため、国立研究開発法人、科学技術振興機構(JST)のホームページ¹⁾を参考にさせていただきたい。

点検支援ツール

技術者の点検・診断を支援するツールの対象は、現場に持ち込むことが容易であり、かつ、点検データを位置情報と共に記録可能であり、現場での高精度なスケッチマシンとして機能する技術とする。

光学系の技術としては、高感度カメラによる画像から最新の画像処理技術や、AIを駆使しコンクリート表面のひび割れを高い精度で抽出する技術がある。高感度磁気センサー(ハンディで小型化された超伝導量子干渉素子(SQUID)や磁気抵抗素子(MR))を用い鋼材の腐食や亀裂を探查する

技術では、構造物の表面だけでなく内部や裏面までも検査できる。打音検査に用いるハンマーに音響センサーを付加し打撃音による損傷判定を深層学習機能で支援するAIハンマーなどもこれに分類される。

スクリーニング

橋梁やトンネルなどの点検は検査対象範囲が広く分布するため、近接目視を確実に実施し漏れなく損傷箇所を特定するには、点検技術者に大きな負荷を強いることとなる。そのため、所定の精度で確実に劣化・損傷を発見し位置情報と共に自動的に可視化・マッピング可能な技術が望まれている。

そこで専用車両や航空機あるいはロボットや人工衛星に搭載した最新のセンサー(高感度カメラ、レーザー、3次元レーダー、合成開口レーダーなど)を用い先端的な信号処理技術を駆使し、高速で移動しながら、劣化や損傷を検知する技術が開発されている。たとえば、トンネルを対象に時速60kmで走行しながらトンネル覆工コンクリートの表面性状、ひび割れ、浮き、剥離などを車載型センサー(高感度カメラ・レーダー・レーザー)により検出する技術、高速道路のRC床版上部の損傷(土砂化・ひび割れ)を時速80kmで走行しながら特定する技術(三次元地中探査レーダー)(図-1)、ALB(航空レーザー測深機)計測により河床地形の三次元

データを計測し橋脚の洗掘状況を高精度で把握する技術、人工衛星に搭載した合成開口レーダー(SAR)の配信画像から、護岸、ダム、河川堤防、橋梁などの鉛直変位の経年変化を計測する技術、などが挙げられる。

■ 常設モニタリング

常設モニタリングは対象とするインフラにネットワーク化された多数のセンサーを設置し、重要度の高いインフラや規模の大きい構造物(長大橋や長大トンネル)、災害時の危険が予見されているような斜面などの状態監視に用いられる。

■ 詳細点検技術

点検やスクリーニングで特定された損傷に対して、供用の安全性が問われる場合、あるいは、大規模な補強や更新の必要性を判断する場合などには、どうしても正確な診断が必要であり、そのために詳細なデータが必要となる。このような目的から、高出力X線源を用いた高精度透過撮影装置によるPC橋梁内部の鋼線の破断状況の可視化(図-2)、

あるいは、小型中性子源を用いたコンクリート内部の水分・空隙・土砂化などの状況を詳細に可視化する技術が開発されており、いずれも、専用車両に搭載され現場・原位置での実用を目指した開発がなされている。

■ インフラ維持管理の将来像と現状の課題

上述した技術は、いずれもこれまでにない先端技術を用いたもので、従来と比べてはるかに高精度で効率化された点検を実施できる。点検支援ツールにより点検精度を向上させ人による点検結果のばらつきを少なくできる。スクリーニングにより点検(近接目視)の範囲を狭め、点検の実務を効率化できる可能性がある。常設モニタリングはセンサーデータに対する適当な閾値を設定することで構造物の状態監視や損傷の早期検知を可能とする。また、詳細点検技術はこれまで容易に知ることができなかった構造体内部の劣化要因や損傷を特定できる可能性を秘めている。

先端技術でスクリーニングされモニタリングされた点検情報(劣化・損傷)は地理上の位置情報と共にインフラの3Dモデル上にマッピングされ、

車載型レーダー

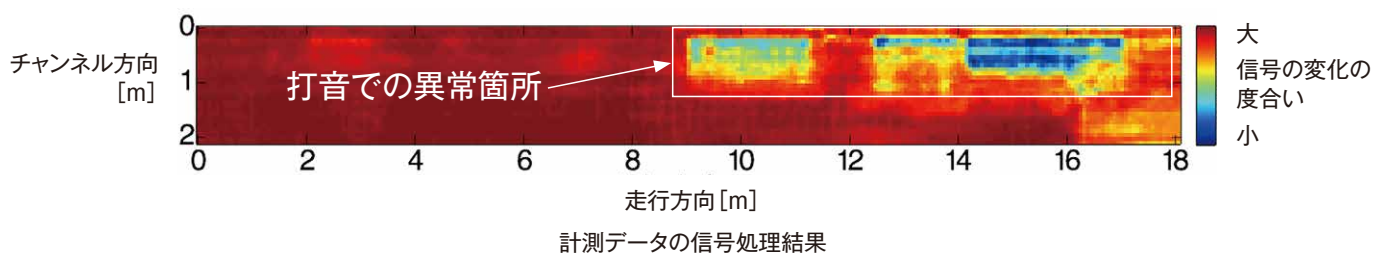
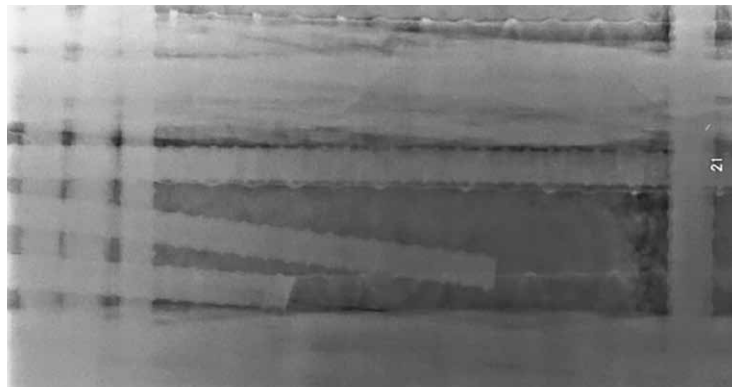


図-1 スクリーニング技術の例(三次元地中探査レーダー)



箱桁内の計測風景



内部の鋼線・鉄筋の可視化

図-2 詳細点検技術の例(高出力X線)

インフラ情報データベースに登録され蓄積されていく。これらのデータは過去の点検記録として現状の点検記録と比較検討され、劣化や損傷の進行状況を確認することができる。また、損傷マップはデータ同化手法などにより構造解析モデルに取り込まれ、詳細な余寿命解析と連携することにより、構造物の性能劣化曲線を定量化し、ひいては、インフラの資産価値やライフサイクルコストの算定根拠を与え、効果的なインフラのアセットマネジメントを実現する。

しかしながら、先端技術による点検では、現行の点検要領・技術基準等で必ずしも必要とされていないデータが得られることが多々あるため、それらの要領・基準での位置づけを検討することも技術の普及・展開と併せて進める必要がある。(本稿は、土木学会誌2017年10月号の記事の再掲である)

【参考文献】

- 1) 国立研究開発法人、科学技術振興機構(JST)のホームページ、戦略的イノベーション創造プログラム、インフラ維持管理・更新・マネジメント技術、URL: <http://www.jst.go.jp/sip/k07.html>

【本報告文の連絡先】

若原 敏裕 宛
〒135-8530 東京都江東区越中島3-4-17
清水建設(株)技術研究所
Tel:03-3820-8312、Fax:03-3820-5959
E-mail:t-wakahara@shimz.co.jp

地域実装活動をもとに描く社会 ～インフラメンテナンス将来像～



全 邦釘

愛媛大学
准教授

地域実装活動をもとに描く将来像

SIP 地域実装支援チームでは、それぞれ各地域の特徴やニーズに沿って様々な活動を行っている。本稿は地域実装支援チームから意見を募り、適切なインフラメンテナンスのために改善すべき点と、それを踏まえた上での理想的な社会像、インフラメンテナンス像についてまとめたものである。

情報公開・広報

現状の大きな問題点の1つとして、インフラメンテナンスの重要性が国民・住民に十分伝わっていないという点が挙げられる。インフラを造るだけではなく、膨大なストックを維持していくことの重要性、インフラの減価償却の考え方などを理解していただくためには、インフラの現在の状態や将来予測結果、予算に関する情報公開が求められる。例えばインフラメンテナンスにはどれくらいの規模の予算が必要か、どの程度の危険性があるのか、そういった客観的・科学的事実を共有する必要がある。

そのためには、現在のインフラの健康状態を表すカルテのようなものを作ることが考えられる。土木学会のインフラ健康診断書¹⁾はそのうちの1つであり、有用であるが、日本全国のインフラを

一括で扱ったものであるため、特定の自治体に限定したカルテや、構造物に限定したカルテなども求められる。そして、このカルテを適切に共有できるようなプラットフォーム、環境づくりも必要となる。

人口減少・コンパクトシティ化とのリンク

多くの地方においては、図-1²⁾に示すように人口が減少していくため、従来の社会インフラの整備継続は困難となる³⁾。そのような状況下では、市町村や地域、集落のランドデザインを見据えて、コンパクトシティ化などのモデルチェンジの一環としてインフラメンテナンスを考えないと、局所最適全体最悪や、合成の誤謬*が簡単に起こってしまい、トータル行政コストが低下しないどころか却って増加してしまう。そこで、例えば都市工学分野や建築分野との積極的な連携を行うことなどが考えられる。

また、人口減は技術者減につながる。そこで、技術者が減っても点検・診断・補修ができる諸技術の開発が求められる。SIP「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」で行われているように、地域実装支援チームのようなニーズ側に寄り添った立場から、シーズ側の開発者に提案をし、改良に繋げるような活動が非常に効果的である。

*合成の誤謬とは、個人や個々の企業がミクロの視点で合理的な行動をとった結果、社会全体では意図しない結果が生じることをいう。(デジタル大辞泉より)

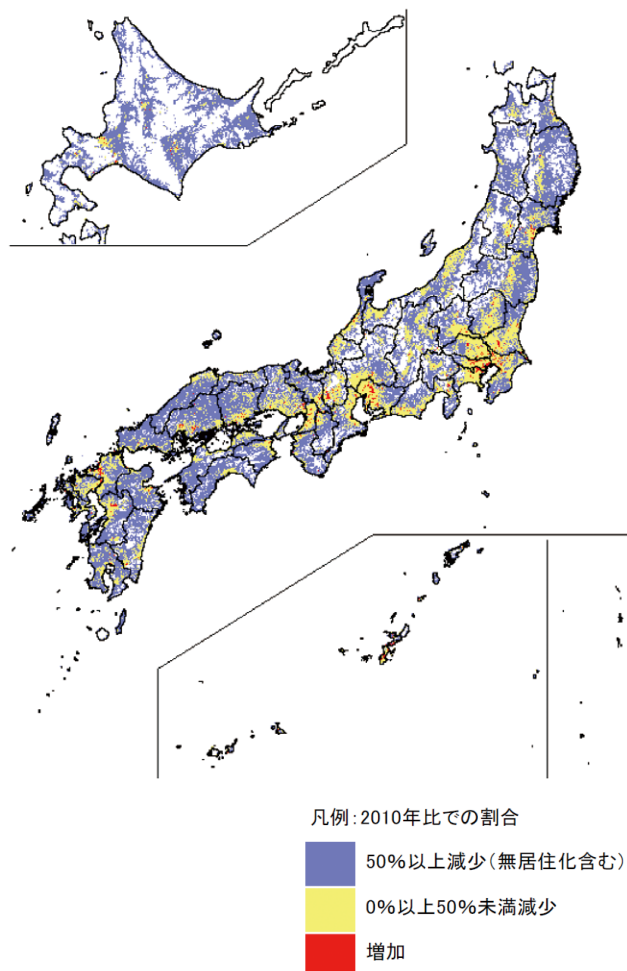


図-1 2010年を100とした場合の2050年の人口増減状況

管理体制

インフラメンテナンスにおいて、管理体制の構造上の問題のため、技術者や維持管理費の配分の不均等が生じていると考えられる。例えば、国道、県道、市町村道、農道、林道などに分けて管理されているが、分けること自体は悪くないものの、分けられた先の管理者の能力やリソースが少なすぎると、それは切り捨てを意味する。この解決には、管理主体で分けるのではなく橋梁の性質で分けることも考えられる。重要度や点検の必要性の面で、「松竹梅」に分けられるはずで、梅については予算・人材・技術不足を考えた上で、「身の丈にあった」適切な点検のあり方を再考すべきである。すなわち、路線の重要度や、長大橋、中橋梁、小橋梁など等級に応じた管理水準と点検要領の構築が必要である。

特に地方では、地方の実状(予算不足、人材不足、

技術不足)に合った、ローテクな新技術の開発が必要となってくる。(なおハイテクな新技術は、高速道や国道で活用する)。また、地域住民による清掃や簡易点検、道守制度などは小橋梁の維持管理に効果的である。さらに、地域のインフラの状態を把握し、対策を練ることのできるインハウスエンジニアの育成・活用も重要である。そのように、全国一律で高品質な管理を求めるのではなく、構造物・地域に合った管理品質となるような体制にする必要がある。

制度

維持管理業務全体の包括委託制度や、コンセッションなどのPFI方式の導入など、仕組みについても考える余地がある。例えば数十年単位で維持管理するという契約が実現可能であれば、予防保全は本当に適切なのか。過剰予防でコストが逆にかかっていないか、そういったことを真剣に考え、計算するきっかけになると考えられる。また、メンテナンスの受益者と費用負担者を一致させる方向性の仕組みを考えるべきである。そうすると、インフラメンテナンスの重要性が身をもってわかってくるとともに、不要なインフラを廃止するという、インフラメンテナンスでの難題も現実的に動いていくことも期待できる。

また、本当に直さないといけない損傷に対して、適切な対策を実施できる技術者の国家認定資格制度の整備も進めていく必要がある。同時に、それが認知される社会となるように取り組んでいくべきである。

意識改革

インフラメンテナンス関係者の危機管理意識の醸成が必要である。現状、事なかれ主義が蔓延しており、ルールに示されたことのみを行うという関係者が増えている。この状態を打破し、インフラメンテナンスの関係者が、それぞれの立場で工夫し、よりよいインフラメンテナンスを目指した取り組みを行うというように意識を改革する必要

がある。例えば、国交省は新しい試みの精度を担保しつつ推奨するような点検要領の記載の充実と情報公開、自治体は組織方針の明確化、受注者は受注業務内での新技術活用、技術開発者は発注者の負担を減らす工夫、大学関係者は判断の根拠としての助言や新技術に関する紹介の機会を設ける…など、各自ができることを積極的に行うべきである。

また、事なかれ主義の蔓延は、責任問題となることを恐れ、PDCAを回すために必須となる失敗事例が蓄積・共有されないという問題に繋がる。その結果、違うところで、あるいは同じところでも時間を置いて、何度でも同じ失敗をしてしまう。これを防ぐためには例えば診断は独立した技術者が行う、そしてそのための資格制度を前項のように整備する、などが考えられる。加えて、データを共有する仕組みを構築することも急務となる。

さらに、事なかれ主義は進取の精神の欠如にも繋がる。関係者のモチベーションや意識を向上する取組みを通して、進取の精神を持つことで地域が良くなることを認識する必要がある。例えば、SIP「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」の地域実装支援チームが行っている新技術の紹介・勉強会・デモンストレーションのイベントなどは、「こんなやり方があったのか」、「従来の枠組みにとられすぎていたかもしれない」などといった感想が多く聞かれ、有意義な取り組みである。また、岐阜大学、愛媛大学、山口大学、新潟大学で行われているME養成講座や、長崎大学で行われている道守養成講座などのリカレント教育による人材育成の取り組みも、意識向上に寄与する。

■ 理想的な社会像・インフラ像

理想的な社会像・インフラ像は、立場によって異なり得る。例えば、インフラの利用者にとっては安心快適の確保、管理者にとっては長寿命で少ない維持管理コスト、企業にとっては生産性向上、地域の人にとっては地域の活性化、災害耐性につながり、インフラメンテナンスに関わる仕事をす

像を目指してインフラメンテナンス関係者が取り組むことが望まれる。

また、そもそも地域・集落がどのように成立してきたか、その始原や文化を考慮して、それを支える、いわば人間でいうと血管のようなインフラこそが、地域の反映や継続性の観点から求められているものである。そのために、ICT技術を適切な形で導入するなど、従来像からの脱却が必要である。

本稿で述べた事柄は、地道なカイゼンが必要となるボトムアップ的なものと、トップダウンによる革新的な変革があるが、インフラの老朽化問題の緊迫性を考慮した場合、どちらか片方だけでは不十分であり、ボトムアップ・トップダウンの両面から取り組む必要がある。それを推進するためのエンジンとして、地域の大学が主導する地域実装支援チームの活動を継続することは極めて大きな意義がある。

■ 謝辞

本論文を記載するにあたり、SIP「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」地域実装支援チームの各研究者にインタビューを行い、大変有益な知見を提供していただきました。ここに記して謝意を表します。

【参考文献】

- 1) 土木学会：2017インフラ健康診断書、http://www.cbr.mlit.go.jp/kawatomizu/kousyukai/pdf/4_sindansyo_kouhyou.pdf、2017(2018/10/14に閲覧)
- 2) 国土交通省：国土のランドデザイン2050参考資料、<http://www.mlit.go.jp/common/001050896.pdf>、2014(2018/10/14に閲覧)
- 3) 久田真、小早川正樹、石川弘子、鎌田貢：公表情報に基づく自治体管理橋梁の地域格差に関する一考察、第1回JAAM研究発表会論文集、pp.1-5、2017

【本報告文の連絡先】

全 邦 釘 宛
〒790-8577 愛媛県松山市文京町3
愛媛大学大学院理工学研究科生産環境工学専攻
Tel:089-927-9822、Fax:089-927-9840
E-mail:chun@cee.ehime-u.ac.jp

なぜインフラメンテナンスに オープンイノベーションなのか？



阿部 雅人

科学技術振興機構
イノベーション拠点推進部 フェロー
インフラメンテナンス国民会議実行委員

オープンイノベーションとは

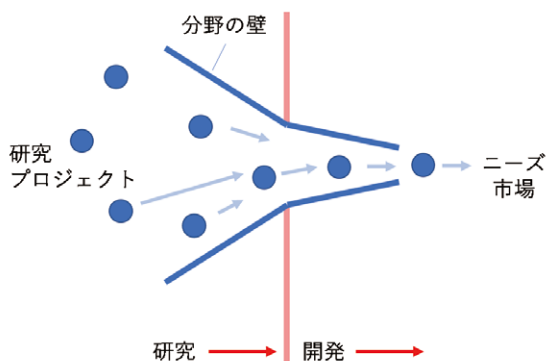
インフラメンテナンスでは、オープンイノベーション¹⁾の関心が高まっており、インフラメンテナンス国民会議²⁾などのプラットフォームも設立され、活発に活動を繰り返している。

従来型の研究開発(図-1(a):クローズドイノベーション)は、企画から実装・商品化まで一貫して同一組織で実施するものであった。当初は、幅広く技術シーズを求めて研究開発を進め、徐々に想定するニーズに絞り込みながら実装していくプロセスである。技術やニーズを囲い込み、最初に市場化することで、先発優位を確立して独占的利益につなげることができる。

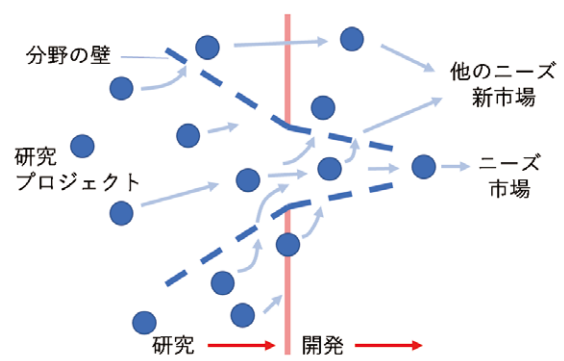
それに対して、オープンイノベーション(図-1(b))は、研究開発プロセスの途中であっても、技術やニーズを組織や分野の壁を超えてやり取りしながら進める方式で、想定しているニーズのみならず、新たに見つかったニーズも取り入れて新市場の開拓をも目指すものである。情報化の進展に伴って知識が遍在し、技術の囲い込みが困難になっていることに加え、投資・資金調達形態も多様化していることによって、ビジネスモデルを事業化することが容易になりつつあることがその背景にある。

インフラメンテナンスのむずかしさ

インフラは受注生産であり、古いものから新しいものまで経年は幅広く、さらに、空間的にも分



(a) クローズドイノベーション



(b) オープンイノベーション

図-1 クローズドイノベーション(従来の自己完結型の研究開発・実装)からオープンイノベーションへ

散している。そのため、インフラメンテナンスは、現場のニーズも多様で業務の定型化が困難である。

また、それを構成する点検・補修・補強などは単独では小規模な業務であり、ニーズや市場が断片化して細分化されている。そのそれぞれに対して単体で自己完結的な研究開発を行うことは必ずしも合理化されないため、結果的に、労働集約性が高い業態であり続けている。したがって、外部の技術シーズやニーズを取り込んでいくオープンイノベーションが有望な領域であると考えられる。

特に、近年発展の著しいセンシングや情報技術・材料技術等を分野や業種を超えて取り入れていくことで、生産性が大きく向上するものと期待されており、SIPの研究開発もその一環であると理解できる。また、インフラメンテナンス発の技術を発展させて、他のニーズにも適合させることができれば、市場の拡大も見込める。

■ オープンイノベーションの取り組み

実際にオープンイノベーションを進めるには、技術やニーズのある範囲での共有が必要となる。技術には当然競争力の源泉たるノウハウがあり、ニーズにも新たなビジネスモデルのヒントがある

ことから、その共有は必ずしも容易ではなく、何等かの条件設定や信頼関係の醸成が必須である。幸い、インフラは公共物であることから、表-1のように、管理者のニーズは開示される傾向にある。国土交通省においても新技術情報提供システムNETISを運用して、新技術の活用を推進している。

一方、「生」のままのニーズと既存のシーズ技術には距離があるため、単なるニーズの開示のみでは解決につながらないことも多い。また、技術を有している異業種・異分野には、適切なフィールドを選定できるようなインフラに関する技術力が備わっていないことが普通で、また、フィールド実証実施にあたっては関係者との協議・調整や屋外作業の際のノウハウなどを有していないことが多いことが、参入を妨げる壁となっている。

そこで、オープンイノベーションを成立させるためには、ニーズとシーズを「マッチング」させる仲介的な機能が必要となる。マッチングには、ニーズ側ならびにシーズ側の双方の知見や課題を理解し、信頼を得て、共に新しい技術を創り上げていく能力が求められる。

インフラメンテナンス国民会議やSIP地域実装支援チームは、その有する知見や中立的立場から、マッチングの重要なプラットフォームとなっている。

表-1 インフラメンテナンス国民会議近畿フォーラムへ寄せられた自治体からのニーズの例

ニーズ	条件・現状等
橋梁の近接目視・打音検査、または点検者の移動を支援する技術	◇桁下の条件により、高所作業車の使用、梯子・足場の設置が困難 ◇道路は通行止め不可(一時的・短時間の通行止めは可能) ◇桁下が狭隘で点検員による近接目視が不可
歩道橋・地下道・アンダーパスにおける化粧板等内部の近接目視・打音検査を支援する技術	◇化粧板等が本体構造物に固定 ◇化粧板等への重量物の載荷は不可 ◇化粧板等取り外し不可
化粧板下の清掃・滞水除去および防止技術	◇化粧板・天井板の内部等の狭隘個所における支障物(鳥の巣、糞害、滞水など)が近接を阻害。
道路法面で崩壊等の恐れがある危険箇所の抽出を効率的に行う技術	◇地方公共団体の道路管理延長は数千キロにおよび、法面すべてを目視点検することは、著しく困難である。
路面下空洞厚さ調査を支援する技術	◇探査車等により空洞の深さ位置と広がりは概ね確認可能。空洞厚さはボーリング調査が必要。
圧力式下水道管渠の点検診断の効率化技術	◇内径はφ150mm、φ200mm、φ250mmのいずれか ◇延長は400m～1,200m
共同溝下水道専用洞道の近接目視を支援する技術	◇機器等を配置するために作業員の一時的な出入りのみ可能
常時水没している河川や港湾構造物の水中部の点検を支援する技術	◇潜水士が実施しているが、濁りや浮遊物により視界が悪く、水中生物が付着しているため、除去が必要。



図-2 異なる自治体でも類似のニーズ:簡易点検足場の実証例(左:近畿フォーラム、右:愛媛大学)

ニーズ側・シーズ側の双方と密に連携しながら、適切な現場実証を計画・実施し、また、その結果を評価する役割を果たしている。

特に、大学を核としたSIP地域実装支援チームは、高い技術的な知見を背景として、実証結果を指針化にまでつなげるなど、普及を促進し社会実装を強力に支援している。ニーズとシーズをすり合わせて新しい技術を創造する「イノベーション・アーキテクト」の役割も果たしていると言えよう。

■ 持続的なイノベーションのために

このようにインフラメンテナンスにおけるオープンイノベーションは効果的であるが、反面、関係主体が多く、また状況依存的なアドホックな取り組みとなる傾向が強いため、技術的なすり合わせに加えて、信頼関係の構築をはじめとした高度な管理・運営が求められる。例えば、一見競合的な技術の間でも、基礎技術やデータ等を共有することで互いにメリットがある場合もあり、競争領域と協調領域を意識した連携体制構築やルール化が有効である。日本の従来型の組織は、自己完結性が高いことが多く、このような能力は自然には育成されにくい。SIP地域実装支援チームには、得られたノウハウや知見を核として、地域における継続的な活動はもちろん、高度なイノベーション・アーキテクトなどの人材育成も期待される。

図-2は、中小橋梁を対象として、通行止めを最小化しながら効率的に点検を行う簡易点検足場の

実証例である。これは、それぞれ独自にニーズとシーズをマッチングして実証に至ったものであるが、このように、異なる地域で同様のニーズを有することも多い。地域間連携や自治体同士のマッチングなどニーズによる連携も、市場形成上有効であることから、インフラメンテナンス国民会議での重要課題として位置付けられている。

持続的なイノベーションが展開されるためには、単なる支援活動を超えて、例えば、資金導入にあたっての事業性評価や、あるいは、ハンズオンの投資ファンド機能等、具体的に新事業を育成していく機能をインフラメンテナンスにおいても確立していく必要がある。さらに、インフラメンテナンス発の技術が、オープンイノベーションを通して、他の分野のニーズに応え、新しい市場の開拓にもつながっていくことを期待したい。

【参考文献】

- 1) Chesbrough, H.W. (2003). Open Innovation: The new imperative for creating and profiting from technology. Boston: Harvard Business School Press
- 2) インフラメンテナンス国民会議ファクトブック2017-2018

【本報告文の連絡先】

阿部 雅人 宛
〒261-7125 千葉県美浜区中瀬2-6-1
株式会社ビーエムシー 研究開発部
Tel:043-297-0207, Fax:043-297-0208
E-mail:masato@hashimori.jp

インフラメンテナンスへの新技術活用における障害と対策 ～ヒアリング調査をもとに～



矢島 賢治

大日コンサルタント(株)
専任参事



蓮池 里菜

岐阜大学
大学院生



六郷 恵哲

岐阜大学
特任教授

新技術活用の障害と対策に関する調査

岐阜大学SIP地域実装プロジェクトでは、地域における新技術の活用を進めるうえで、何が障害で、どのような対策が有効であるかを明らかにするために、下記の発注者、技術開発者、受注者を対象として、アンケート調査と、それに続くインタビュー形式のヒアリング調査を実施した¹⁾。

- ・発注者：国土交通省および自治体の土木技術者（16名）
- ・技術開発者：メンテナンス分野の新しい技術を開発している技術者（8名）
- ・受注者：建設会社および建設コンサルタント等の土木技術者（7名）

アンケート調査の結果

表-1にアンケート調査票に記載した設問を示す。回答方法は記述式と選択式の2種類とし、設問1)、2)、6)は記述式、設問3)～5)は選択式とした。選択式の設問では選択肢をあらかじめ用意し、回答者が該当するものを選択(複数可、最も該当するものを一つ選択)する形式とした。この調査は、メンテナンスに留まらず、土木事業の全フェーズ(計測、調査、設計、施工、メンテナンス)における「新技術」の活用を対象としている。ここでは現行

の技術基準や要領等に規定され、発注機関において標準的な積算基準が公表されている技術を「従来技術」とし、これ以外を「新技術」とした。

(1) 障害

図-1に「(3)新技術活用にとっての障害」に関する回答の集計結果を立場別に示す。図中の数字は回答者数を表している。開発者では「ニーズの把握が不十分」との回答が、受注者では「性能や精度に不安あり」との回答がそれぞれ多い一方で、発注者の場合は「公平性を担保できない」「会計検査への対応が不安」との回答が大きな比率を占めている。また、「基準や要領を満たさない」については、開発者と受注者の40%程度が支障と回答しているのに対して、発注者では20%程度であった。以

表-1 アンケート調査での質問内容

1) 新技術に関するイメージについて	・担当する事業に新技術を活用することについてどのように感じているか ・「新技術」と聞いて思い浮かべる技術
2) 新技術活用の経験について	・担当する事業での新技術活用経験の有無 ・どのような新技術を活用しようとしたか ・新技術の活用は結果的にうまくいったか ・うまくいった、いかなかった原因
3) 新技術活用にとっての障害	・事業に新技術を活用できない、あるいはしづらい原因<選択>
4) 新技術活用を促進するための対策	・新技術を活用しやすくするために、有効と思われる対策<選択>
5) 新技術活用のための留意点	・留意点として共感できる意見<選択>
6) その他	・自由記述

上から、新技術が基準や要領を必ずしも満たしていないとしても、公平性の担保や会計検査への対応における不安が解消されれば、発注者に受け入れられる可能性が大きいと言える。なお、日本では、自治体等の公共事業において税金が適切に使われていることを確認するための会計検査が厳格に行われていることが背景として挙げられる。

(2) 対策

図-2に「4)新技術活用を促進するための対策」に関する回答の集計結果を示す。何れの立場から「要領で新技術の導入を記載」に対して多くの回答が得られており、特に受注者の回答が多かつ

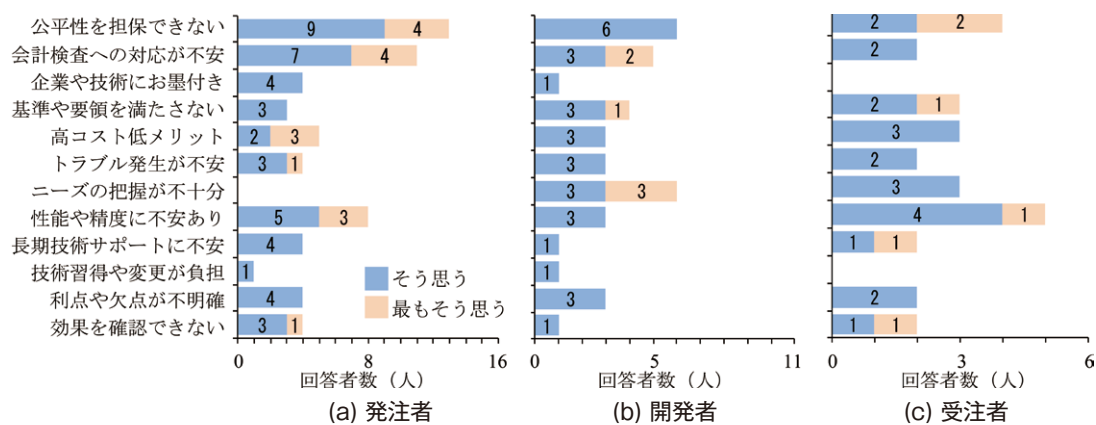


図-1 新技術活用にとっての障害に関するアンケート結果

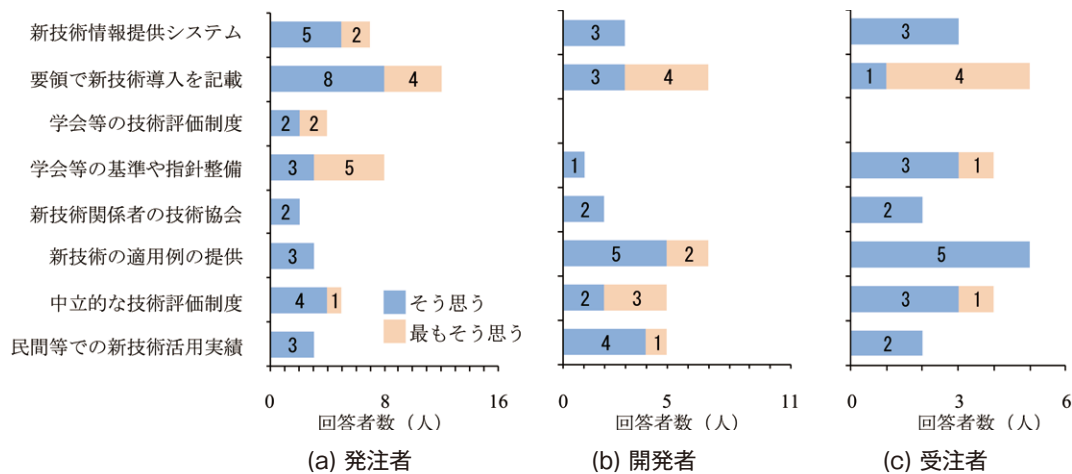


図-2 新技術活用を促進するための対策に関するアンケート結果

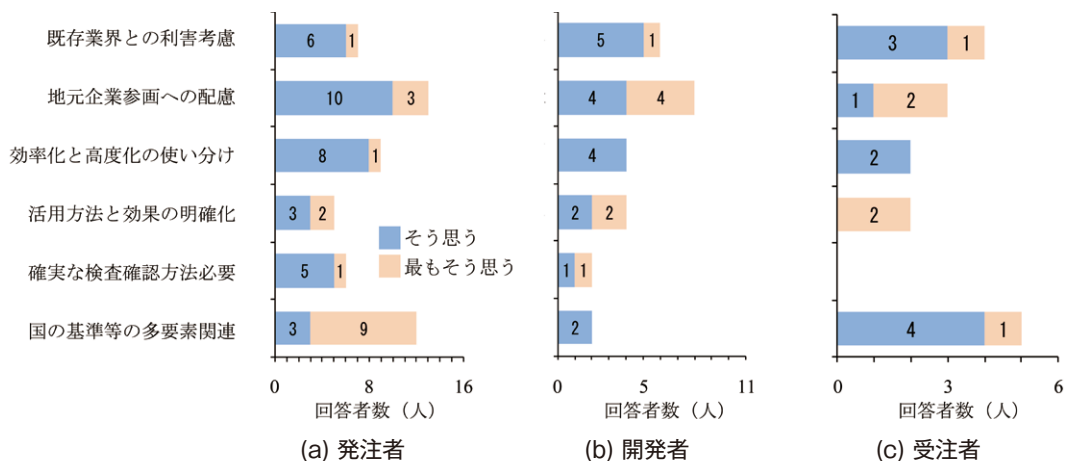


図-3 新技術活用のための留意点に関するアンケート結果

た。開発者と受注者では、「新技術の適用例の提供」と「中立的な技術評価制度」に対する回答が多かった。

■ (3) 留意点

図-3に「5)新技術活用のための留意点」に対する回答の集計結果を示す。発注者、開発者ともに、「地元企業参画への配慮」への回答が多かった。また、発注者、受注者ともに、「国の基準等の多要素関連」という回答が多く、国の基準への適合や事業体制や制度など、様々な要因が関連しているとの意識が伺える。

■ アンケート調査に続く ■ ヒアリング調査の結果

ヒアリング調査は、事前に対象者が記入したアンケート項目に沿ってインタビュー形式により実施した。ヒアリングにあたっては、表面的に認識されている障害とともにその原因と思われる事項を抽出するよう留意し、ヒアリング終了後に議事録からキーワードを抽出・分析した。ヒアリング調査において、新技術の活用に対する主たる障害

として把握された事項とその原因を表-2に示す。

表-2からわかるように、新技術の活用については、発注者および受注者では、様々な要因から新技術を活用しようとする気持ち(インセンティブ)が働かないことが障害として認識されている。一方開発者では、公共事業市場の特殊性から、新技術開発に伴うビジネスモデルの構築が難しいことが障害として認識されている。

表-3には、同様にヒアリング調査で把握された、それぞれの立場において期待されている対策の取り組み例を示す。

■ 特に地方自治体の場合

地方自治体の補助事業において新技術を活用しようとする場合には、会計検査に対する技術品質やコストの妥当性証明が必要とされる。また特定企業のみが有する新技術を採用した場合、公共調達における公平性の担保や、地元企業への影響への配慮も必要とされる。さらに、長年継続してきた仕事のやり方を変えることへの抵抗感や、新技術導入に伴うトラブルへの不安等も存在する。財政環境が厳しいなか地方自治体では十分な職員数

表-2 新技術の活用における主な障害

立場	障害	原因	
発注者	導入インセンティブが働かない	担当者により意識差がある	<ul style="list-style-type: none"> ・組織としての新技術導入ミッションが不明確 ・組織の中央と現場で温度差がある ・変化への抵抗感がある
		導入のための労力が大きい	<ul style="list-style-type: none"> ・公共調達における公平性の担保が必要 ・外部説明(会計検査)の根拠が必要 ・内部説明(組織内合意)の根拠が必要
		トラブル発生時のリスクが大きい	<ul style="list-style-type: none"> ・責任の所在が不明確 ・開発者による確実かつ継続的なサポートが不安
開発者	ビジネスモデル構築が困難	開発の投資判断が難しい	<ul style="list-style-type: none"> ・開発による先行者利益の確保が難しい ・短期間での開発投資の回収が難しい ・市場の把握が難しい(規模、継続性)
		要求仕様が不明確	<ul style="list-style-type: none"> ・ニーズ(要求性能、精度)があいまい ・発注者にとっての妥当なコストが不明 ・必要なサポートの内容や期間が不明
		行政の事情がよくわからない	<ul style="list-style-type: none"> ・機関や地域ごとに異なる事情 ・発注方法や導入条件などがわかりにくい ・地元や業界関係者への配慮が求められる
受注者	導入インセンティブが働かない	直接的なメリットがない	<ul style="list-style-type: none"> ・技術提案が受注拡大に繋がらない
		瑕疵のリスクが大きい	<ul style="list-style-type: none"> ・責任の所在が不明確
		技術提案コストが負担	<ul style="list-style-type: none"> ・ニーズの把握やシーズの収集に手間が掛かる ・導入に対する妥当性の根拠が求められる

表-3 新技術の活用を促進するための対策の取り組み例

対策目的	対策の項目	対策の方向性
発注担当者のインセンティブ向上	新技術導入のミッション明示	・法律による導入の義務付け ・組織内における導入方針の同意
	個別職員の意識付け	・他機関との職員人事交流
	発注担当者の労力軽減	・導入必要性の説明性向上 ・性能、精度、効果の説明性向上 ・コスト妥当性説明性向上
	トラブル発生時のリスク軽減	・瑕疵責任の明確化
開発者のビジネスモデル構築支援	投資判断の支援	・短期間で導入可能な分野の掘り起し ・新技術を導入しやすい制度の構築
	ニーズ・シーズのマッチング	・公共ニーズ(要求仕様)の明確化 ・開発者のシーズ明確化 ・発注担当者が説明しやすい提案
	行政事情の把握支援	・適切な開発パートナーとの連携
受注者のインセンティブ向上	受注者メリットの明確化	・提案が受注拡大に繋がる仕組み ・地元企業への配慮
	瑕疵リスクへの対応	・瑕疵責任の明確化
	導入必要性意識の向上	・受注者のレベルに応じた導入

の確保も困難となりつつあり、こうした労力の増大が新技術活用の大きな心理的障害となっている。

地方自治体への対策としては、組織自身による新技術導入のミッション明確化とともに、新技術の品質やコストの妥当性明示に関して第三者が支援することにより、発注担当者の負担軽減と、これによるインセンティブ向上が期待されている。

また、透明性や公平性に配慮した公共調達の仕事みや、工事や業務を通じた技術提案など、公共事業における新技術活用の環境は民間事業とは大きく異なっている。このため技術開発者は、市場把握や確実な投資回収のためのビジネスモデル構築に苦慮している状況が伺える。

技術開発者に対しては、技術ニーズ・シーズのマッチング機会の提供や、公共事業に精通した開発パートナーによる助言が求められている。

一方、公共事業では工事や業務の受注者を通じた技術提案により新技術を活用する場面が多い。しかしながら、地方自治体では価格競争による調達が主体となっている。このため、受注者にとっては、新技術の提案が受注拡大に直接つながらないとともに、提案に伴うコストやトラブル発生時のリスクなど負担の増加が、新技術活用の大きな心理的障害となっている。

新技術活用に関する受注者のインセンティブ向

上のためには、国土交通省で既に実施されている技術競争を加味した調達方式等を地方自治体でも採用することが有効と考えられる。

本研究の結果が、各機関における新技術活用の参考となれば幸いである。

【参考文献】

- 1) 蓮池里菜、木下幸治、矢島賢治、高木朗義、六郷恵哲：インフラ構造物のメンテナンス等への新技術活用における障害と対策に関する考察、土木学会論文集F4(建設マネジメント)、Vol.73、No.4、pp. I_100- I_111、2017.12

【本報告文の連絡先】

六郷 恵哲 宛
〒501-1195 岐阜市柳戸1-1
岐阜大学工学部社会基盤工学科
Tel/Fax:058-293-2417
E-mail:rk@gifu-u.ac.jp

地方自治体のインフラ維持管理における 新技術導入に向けたシナリオ



井上 陽介

(株) 価値総合研究所
主席研究員

本稿では、SIP インフラ維持管理・更新・マネジメント技術(以下、「SIP インフラ」という)等で開発された新技術を地方自治体が導入する際の課題を整理するとともに、新技術導入に向けた考え方をシナリオとして提示する。

地方自治体における 新技術導入に係る課題

地方自治体の長寿命化修繕計画では「新技術の活用」が謳われているものの、インフラ維持管理に新技術を導入するには、人員・財政不足に加えて以下の三つの課題がある。

まず1点目は、点検業務は橋梁定期点検要領など各種定期点検要領に基づいて行われており、地方自治体が技術的な観点から業務効率化・高度化を考える必要性が必ずしも高くないこと。既存の定期点検要領や積算基準では新技術の利用可否を判断できない場合や、既存技術に替えて新技術を採用することへの責任を考慮すると積極的になれない面がある。

2点目として、点検業務は民間へ委託することが多く、技術(機器)導入を判断・選択する立場にないこと。地方自治体は仕様書の特記事項や設計積算基準として新技術を提示することはできても、最終的には事業者の判断となる。

3点目として、地方自治体は単に技術的な課題解決や費用削減だけでなく、地域企業の技術力向

上や受注機会が過度に損なわれないことへの配慮も必要となる。つまり、地域の企業が利用できない技術は、必ずしも地方自治体にとって望ましいものとはならない。

新技術導入に向けたシナリオ

前述の課題を踏まえつつ、地方自治体が新技術を積極的な活用を図る際に取り得る六つの考え方をシナリオとして提示する。

土木部局が従来の取り組みの延長として推進する場合は、(1) トップダウン型、(2) 外部委員会型、(3) 地元管理・人材育成型、県や小規模自治体が推進する場合は上記に加えて、(4) 建設技術センター主導型や(5) 広域連携型が選択肢となる。また、土木部局だけでなく他部局と連携して推進する場合には、(6) 産業振興型が選択肢となる。

(1) トップダウン型

首長あるいは土木部局長による政策決定により、インフラ維持管理や新技術活用を注力分野として進める方式である。

トップダウン型においては、後述する外部委員会型、地元管理・人材育成型、産業振興型などの組合せ、それに応じた庁内体制を構築し進める必要がある。

例えば、地方自治体が地域の大学と協定を締結し、インフラ維持管理の連携を図っていくことが考えられる。既に有識者として大学教員が関わっている場合でも、インフラ維持管理に関して地方自治体と大学が組織対組織として取り組むことを明示することに意義がある。朝岡ら¹⁾によれば2016年時点で1,914団体のうち920団体で大学との包括連携協定が締結されており、多くの地方自治体で適用可能なシナリオである。

図-1に示すように、地方自治体は協定を締結した大学を介して新技術に関する知見や助言を得るとともに、市民や企業とのハブとして大学を活用する。大学は、独自の研究成果、企業との共同研究成果や企業から受けたライセンスを活用し、それを地域に展開することが考えられる。

インフラ維持管理に特化した協定の具体例としては、東北大学大学院工学研究科インフラ・マネジメント研究センターと宮城県土木部、同センターと仙台市との「効率的かつ効果的な社会資本の維持管理に向けた連携・協力に関する協定」や岐阜大学工学部附属インフラマネジメント技術研究センターと各務原市との「ドローンなどの建設ロボットの活用に向けた調査・研究に関して、相互に協

力する連携協定」がある。

(2) 外部委員会型

新たな技術や手法に関して、有識者による委員会において指針やガイドラインを提示したり、新技術を審査することでお墨付きを与え、新技術の導入促進を図る方式である。委員会形式による決定は、これまでも土木分野に限らず行われている手法であり、検討課題や導入したい新技術など、論点が明確な場合に適用しやすいシナリオといえる。

SIPインフラの具体例として、岐阜大学における「ロボット技術を取り入れた橋梁点検指針(案)～地方自治体向け～」が挙げられる。

(3) 地元管理・人材育成型

地域住民・企業の参画や人材育成を行いながら、地域でインフラを維持管理する方式である。日常的な巡視や比較的簡易な補修で対応できる小規模なインフラを対象に進めるシナリオである。住民でも利用できる簡易なシステムや技術がある場合

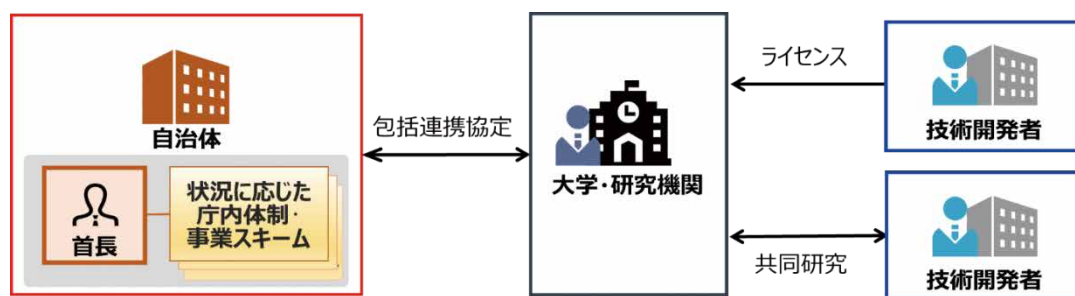


図-1 トップダウン型における新技術導入スキーム例

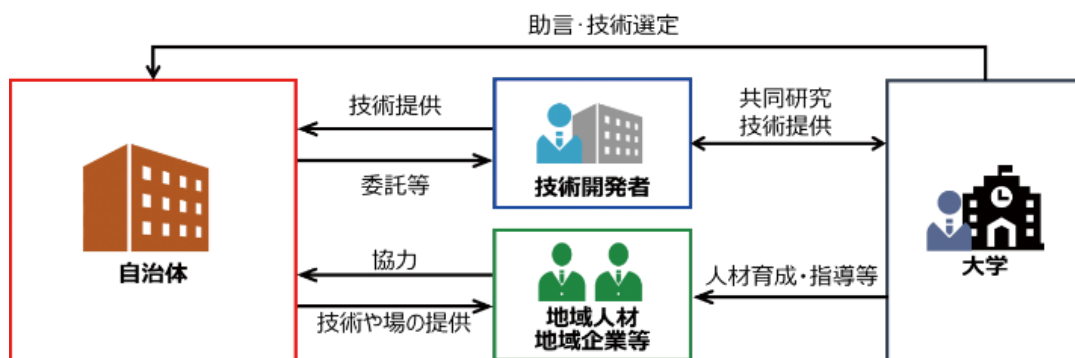


図-2 地元管理・人材育成型における新技術導入スキーム例

や、包括的民間委託やパブリック・プライベート・パートナーシップにより維持管理を進める場合に適用しやすいシナリオである。

図-2に示すように、地方自治体は、住民の地域人材が維持管理を担うために活用する技術やツールを提供する。大学は、地域でインフラ維持管理を担う人材育成や地域人材が担える範囲を助言することで導入促進を図ることが考えられる。包括的民間委託による場合は、新技術導入が企業の業務効率化や収益向上に結びつく可能性がある。

具体例としては、岐阜県における社会基盤メンテナンスエキスパート(ME)を活用した小規模橋梁の点検・修繕事業や長崎県新上五島町における上五島地域インフラ包括管理協議会などの取り組みがある。また、人材育成については、長崎大学の道守、岐阜大学のMEをはじめ、北陸地方の大学や高専、関西大学、広島大学、鳥取大学、愛媛大学、山口大学、琉球大学など各地域で取り組まれている。

■ (4) 建設技術センター主導型

建設技術センター(あるいはそれに類する外郭団体)を核に、県および県下市町村へ新技術導入による発注や技術提供などを行う方式である。建設技術センターは、地域によって法人格や事業内容に差異があるものの、データベース運用、地域一括発注、技術認証、総合評価制度など県下市町村への支援を行っている。この既存の体制・枠組みを活用し、建設技術センターに技術とノウハウ

を集約させ、それを県下市町村に提供することにより、新技術導入の選定・発注や財政的な負担の軽減を図るシナリオである。

データベースの運用や大型機械・装置の貸与など、地方自治体が単独で所有・運用を行うよりも複数団体に運用することで費用対効果が得られる場合に適用しやすいシナリオといえる。

図-3に示すように、地方自治体は、建設技術センターを介して技術の導入促進や費用負担を行う。建設技術センターは、技術開発者からライセンスや機材調達を行い、地方自治体(あるいはその委託先事業者)に展開する。大学は建設技術センターに対して共同研究、協定に基づいて専門的な立場から助言、技術開発者と共同研究を行うことにより、地方自治体や建設技術センターのニーズを具体化することが考えられる。

具体事例としては、東北大学と山形県建設技術センターによるデータベースの運用が挙げられる。

■ (5) 広域連携型

地域単位や特定の技術・課題解決を目的とした協議会を設置し、情報共有や課題解決を図る方式である。既に地域的な連携は、道路メンテナンス会議や県・市町村との連絡会議が存在し、インフラメンテナンス国民会議の自治体支援フォーラム、地域フォーラムなどが発足し、動きはじめたところである。

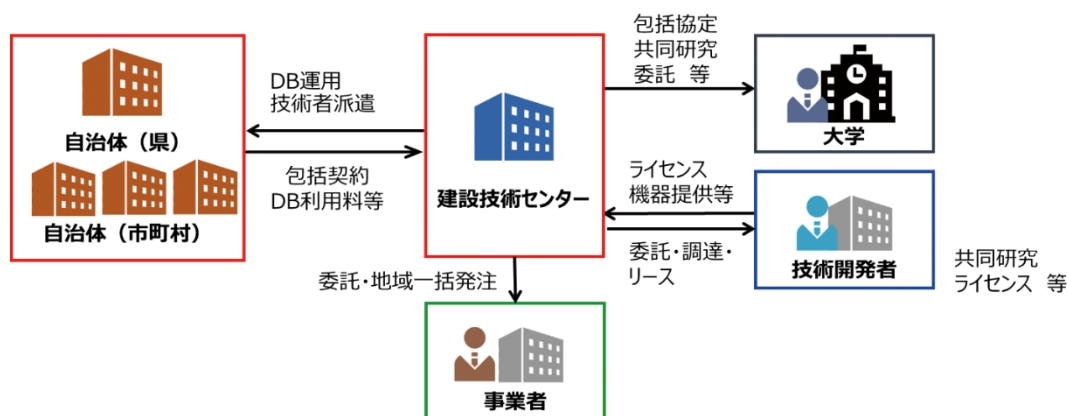


図-3 建設技術センター主導型における新技術導入スキーム例

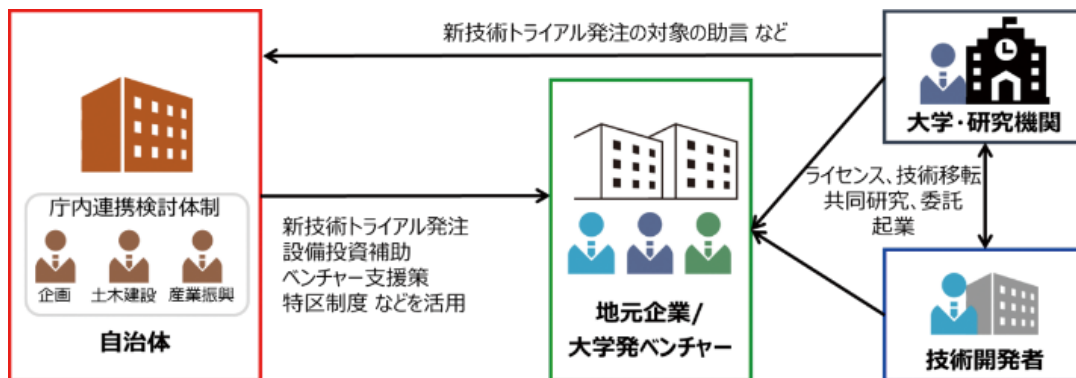


図-4 産業振興型における新技術導入スキーム例

(6) 産業振興型

地域の産業振興、技術力向上、大学の技術移転など、産業・企業支援策を活用し、地域企業への技術導入や設備投資を促進する方式である。国土交通省によれば、地方自治体におけるインフラ維持管理の予算確保は、社会資本整備交付金などの国費の活用が主であり、都道府県では複数年による執行や民間資金の活用が進んでいるが、小規模な自治体では進んでいない²⁾。そこで、土木部局での予算確保に加えて、企画部局や産業振興部局とも連携を図り、中小企業やベンチャー企業を対象とした産業支援策を活用するシナリオが考えられる。地元企業が技術開発者である場合や地域の大学に技術シーズがある場合に活用しやすいシナリオといえる。

図-4に示すように、地方自治体は新技術トライアル発注、特区・サンドボックス制度による実証フィールドの提供、中小企業技術革新制度(SBIR)など国の中小企業やベンチャー企業を対象とした国の施策と連動して企業活動を支援する。大学は、新技術トライアル発注などの対象への助言のほか、技術開発者との共同研究成果を還元する。また、大学の技術移転やベンチャー企業を設立して自ら事業化することで、新技術の導入を促進する形が考えられる。

具体例として、SIPインフラでは理化学研究所が理研ベンチャーを設立した例や、佐賀県でのトライアル発注制度を利用したドローンによる橋梁の損傷箇所把握が挙げられる。

今後の新技術導入に向けて

インフラの維持管理において、新技術の導入は目的ではなく手段である。地方自治体が目的をもって新技術の導入利用を図る場合には、従来の取組みに加え、今回提示した新たな観点でのアプローチも必要である。特に、インフラ維持管理を地域の産業振興策の一環として進める「産業振興型」や、小規模自治体で推進するために技術を集約させる「建設技術センター主導型」は、今後の新技術導入に向けた突破口の一つになると考えられる。

参考文献

- 1) 朝岡幸彦、澤田真一：大学と連携する自治体の地域戦略－自治体-大学連携の現状－、住民と自治、2017年1月号、自治体問題研究所
- 2) 国土交通省：維持管理の現状と問題に対する取り組み状況、第20回メンテナンス戦略小委員会(第3期第2回)配付資料、2018年3月28日

【本報告文の連絡先】

井上 陽介 宛
〒100-0004 東京都千代田区大手町1丁目9番2号
(株)価値総合研究所 パブリックコンサルティング第二事業部
Tel:03-5205-7902
E-mail:yosuke_inoue@vmi.co.jp

シーズとニーズの構造からみる新技術のビジネス化 ～イノベーションと社会実装を促すマネジメント～



大林 厚臣

慶應義塾大学
教授

シーズとしての技術が社会のニーズを満たす過程には、何段階かの中間ニーズを満たす構造がある。本論文ではシーズとニーズの構造モデルを提案し、新技術の社会実装を促すマネジメントについて検討する。

新技術を社会実装するための活動には、大別してニーズ主導とシーズ主導の活動がある。ニーズ主導は、社会の特定のニーズを満たすために、複数のシーズを組み合わせる活動である。新技術が社会実装されるためには、両タイプの活動が必要になるが、それぞれに適するマネジメント手法は異なる。異なるマネジメント手法を使い分けて、ニーズ主導とシーズ主導の一方に偏らず、両者とともに促すことが重要である。

■ シーズとニーズの構造化 ■ (事業構造モデル)

社会のニーズが、技術、サービス、物資などさまざまなシーズによって満たされる構造は、一般に図-1のようにモデル化できる。

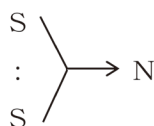


図-1 事業構造モデルの基本構造

図-1のSはシーズ、Nはニーズを表す。矢印の左側の分岐内に示されたシーズを組み合わせ、矢印の右側にあるニーズを満たす構造である。たとえばある地域の輸送ニーズは、道路インフラ、車両、運転手の労働、などのシーズを組み合わせ、満たされる。その例を図-1の基本構造にあてはめれば、図-2のようになる。

(例) 片側2車線の道路インフラ

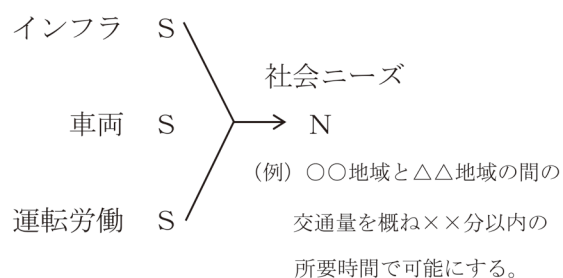


図-2 事業構造モデルの基本構造の一例

ただし詳細に考えると、図-2のシーズであるインフラは、かりに道路インフラであれば、道路、橋梁、トンネルなどにより構成される。そして橋梁は、建設するための部材や、維持管理サービスなどによって実用に供される。つまりシーズを組み合わせ、ニーズを満たす構造は、階層的になっていて、より大きな構造はたとえば図-3のように表される。図-3に示した構造は、図-1に示した基本構造が連結した形になっている。

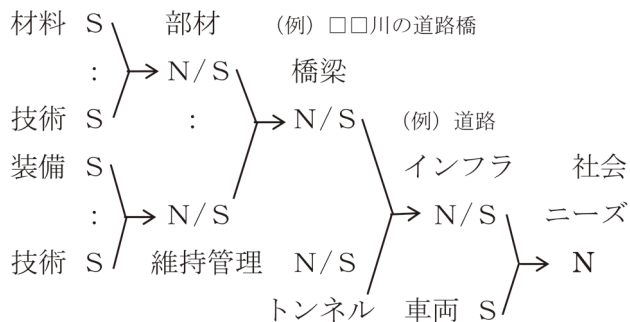


図-3 事業構造モデルの一例

図-3でN/Sと表記しているのは、同じものが図の左側から見るとニーズであり、右側から見るとシーズであることを表している。たとえば橋梁については、それより左側の、橋梁を構成する部材や維持管理の視点からは、橋梁に求められる機能が満たすべきニーズになる。しかし橋梁より右側から見ると、橋梁はインフラを構成するシーズの一つである。つまりシーズとニーズは相対的な概念であり、同じものの両側面にあたる。あるものが持つ機能は、それを構成する要素から見ると満たすべきニーズになり、それを利用する要素から見るとシーズになる。

シーズとニーズを同じものの両面と考えることで、単純な基本構造を連結させて複雑な構造を表現できる。そして事業構造モデルは入れ子の相似性を持ち、モデルの部分と全体が同じ特徴をもつ。この相似形の性質のため、事業構造モデルは部材から社会ニーズまでのあらゆる規模に適用できる。

■ イノベーションと社会実装

事業構造モデルを用いてイノベーションを表現すると、いくつかの基本構造を、新しく作るまたは作り替えることがイノベーションと言える。新しい基本構造は、全体構造のどこにあっても良い。そして新しいシーズを作ることも、新しいニーズを開拓することも、シーズもニーズも既存だがその組み合わせが新しい場合も、いずれもイノベーションであると考え。この定義はシュムペーター¹⁾が提唱した、新結合の概念を表現しやすい。事業構造モデルを用いて技術の社会実装を表現すると、「当該の技術が、何らかの社会ニーズを満たす事

業構造の中に採用されること」と表現できる。

新技術が社会実装される過程を考えてみる。社会ニーズを満たすためには、1つの技術だけでなく、社会ニーズを満たすための一群のシーズがすべて実用化する必要がある。つまり、一群のシーズが揃った時点ではじめて実装されることになる。他のシーズが実用化に至らない間は、新技術の社会実装は実現しない。一般に技術は、実用可能になってから時間をおいて、社会実装される。新素材や数学的手法などでは、その時間が数十年になることも珍しくない。そして技術を実用可能にする開発と、それを社会実装する開発は、別の者によってなされることが多い。

次に技術開発の過程を、事業構造モデルを使って表現する。1つの技術を社会実装する過程では、ニーズ主導とシーズ主導の、異なるタイプの複数のイノベーションを経験することが多い。タイプごとの過程と、適切なマネジメントを検討する。

■ ニーズ主導の開発

特定の社会ニーズを満たすためになされる、ニーズ主導の開発は、一般的に図-4のように表現できる。具体的なニーズを満たすシーズの組合せを探索する活動である。

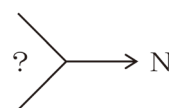


図-4 ニーズ主導型の開発

既存のシーズを組み合わせ、ニーズを満たす方法が見つかる場合がある。新しいシーズを開発して、既存のシーズと組み合わせ、ニーズを満たす方法もある。その時には、新たに開発するシーズに要求される性能が、新たな開発のニーズになり、そのニーズを満たすシーズの組合せが探索される。つまりニーズ主導の開発が入れ子の構造になる。

大きなシステムを開発するときには、社会ニーズを満たすためのシーズになるコンポーネンツ群を設計し、各コンポーネンツがもつべき機能を定

める。これが大きな規模でのニーズ主導の開発になる。そして各コンポーネントがもつべき機能を満たすような、技術、物資、サービス、データなどのシーズの組合せを設計する。つまり大規模なニーズ主導の開発の中に、より小規模なニーズ主導の開発が組み込まれる構造になる。全体としては、たとえば図-3の例のような構造になる。

ニーズ主導の開発になる例は、大規模なシステムのほか、いわゆる問題解決型の開発がある。特定の作業を自動化する機械の開発や、情報システムの開発などである。インフラの建設や維持管理の技術開発も、典型的なニーズ主導の開発である。ニーズ主導の開発で満たす社会ニーズは、利用者の要求や、規制項目などの形をとることが多い。

■ ニーズ主導の開発に適した ■ マネジメント

ニーズ主導の開発においては、満たすべきニーズを適切に選定し、それにもとづく開発目標を適切に設定することが重要である。開発目標が適切に設定されるほど、目標を達成した開発成果が実際に利用されやすくなる。

インフラの新設では、満たすべきニーズは、発注者が示す仕様や、さまざまな規制や規格に明示されていることが多い。その意味では、開発目標を設定しやすく、ニーズ主導の開発を進めやすい。ただしインフラの維持管理においては、管理者が十分な知識をもっていないと、ニーズが適切に表明されない。管理者がニーズを適切に表明できない場合は、開発者や第三者がニーズを分析する必要がある。

ニーズ主導の開発は、満たすべきニーズが重要であるほど、ニーズを早期に確実に満たすことが求められる。そのためには、既存のシーズを有効に利用することが効果的である。とくに、効果が実証されて技術的に安定していて、多くの者が使用経験や知識をもつようなシーズであれば、開発を早期に確実にを行うために大きく貢献する。既存のシーズを多用して、既存シーズでは足りないものだけを新規に開発すれば、開発の工数と不確実性を減らすことができる。ニーズを満たす効率だ

けを考えれば、無理に新規開発をせず、既存シーズの組合せだけで解決できるのが最良と言える。

既存シーズを有効活用する開発マネジメントの例は、東海道新幹線に見られる。開発当時の1950～60年代の社会ニーズは、限界に達した東海道本線の輸送能力を拡大することであった。開発目標には、輸送の高速化として時速200kmの運転も加えた。そのニーズを確実に満たすために、採用する技術は極力効果が実証されたものを組み合わせて使い、新規に開発する部分を最小限に抑えた。この方針は、開発の速度を上げるとともに、完成したインフラの安全性の高さにも貢献している。

SIPインフラ維持管理の技術開発では、岐阜大学チームが行った、橋梁の定期点検コストを縮減するニーズを満たす、3つのSIPロボット技術と2つのSIP以外のロボット技術の組合せが好例である。

■ シーズ主導の開発

開発はニーズ主導だけでなく、シーズ主導でも行われる。多くの基礎的な研究開発は、シーズ主導的な活動である。社会ニーズを満たすことを想定して基礎的な研究開発がなされることもあるが、その場合でも開発目標はあまり詳細ではないことが多い。具体的な目標ではなく、いわゆる「面白い」結果を求めて研究開発をすることもある。

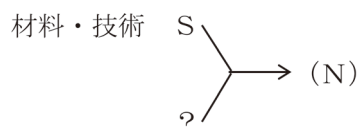


図-5 シーズの基礎的な研究開発

シーズ主導の基礎的な研究開発を事業構造モデルで表現すると、図-5のようになる。図で(N)と示しているのは、ニーズは漠然と想定されていても、詳細に特定されていないことを表している。たとえば学術的な研究では、成果を評価する基準は存在するが、それは汎用的なもので、必ずしも特定の社会ニーズに直結した基準ではない。

新技術や新素材などの用途開発も、シーズ主導の活動である。特定のシーズをもとに、ニーズを探索する。シーズの用途開発を事業構造モデルで表すと、図-6のようになる。ニーズだけでなく、組み合わせるシーズも探索する。そして有望なニーズが見つかった時点で、開発はニーズ主導の性質に変わる。図-6の下の構造は、ニーズ主導でシーズの最終調整に移った段階を示している。

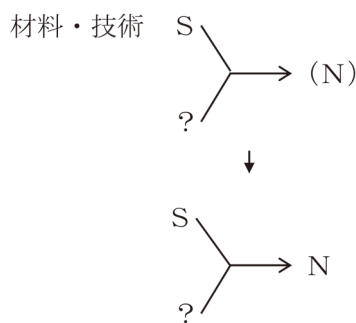


図-6 シーズの用途開発

既存のシーズを他のニーズに転用することも、シーズ主導の開発である。シーズの転用を事業構造モデルで表すと、図-7のようになる。図-7はSと表現されたシーズを、パイプラインに転用する例である。転用はシーズ主導の用途開発の一種だが、転用できるニーズが見つかった後は、ニーズ主導の開発に変わる。

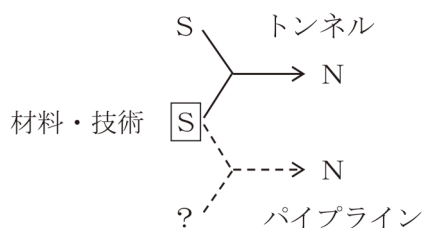


図-7 シーズの転用の例

■ シーズ主導の開発に適した ■ マネジメント

シーズ主導の開発は、満たすべきニーズが見つかった後は、ニーズ主導の開発に変わる。ニーズ主導に適したマネジメントは前述のとおりである。それ以前のシーズ主導の時期は、特定のニーズに

直結する開発目標をもたないので、想定ニーズや開発目標の変更が頻繁にありうる。したがって粘り強く試行錯誤を重ねる必要のあることが多い。独自性のあるシーズであれば、競争相手は少ないので、競争のために開発速度を重視する必要性は少ない。むしろシーズの品質や用途の汎用性によるニーズの広がりを重視する方が良いことが多いであろう。

汎用性のあるシーズは、多くのニーズに転用でき、多くのニーズ主導の開発を支援することになる。多くのニーズに転用できるように、デザインやインターフェースを標準化したり、プラットフォームの性質をもたせることもある。一群のシーズをモジュール化することも、汎用化の例である。

シーズ主導の割合が多いテーマは、新素材や革新的技術のほか、データベースがあげられる。SIPインフラ維持管理の技術開発では、東北大学チームの、統合データベースの開発と自治体への普及活動が好例である。

■ 課題と提言

シーズとニーズの構造の分析から、新技術の社会実装を促すマネジメントに関して、後掲の論文に課題と提言をあげる。

【参考文献】

- 1) Schumpeter, Joseph A. (1977)、『経済発展の理論』、岩波文庫(原著は1926年)

【本報告文の連絡先】

大林 厚臣 宛

〒223-8526 横浜市港北区日吉4-1-1

慶應義塾大学大学院経営管理研究科

Tel:045-564-2441、Fax:045-562-3502

E-mail: obayashi@kbs.keio.ac.jp

シーズとニーズの構造からみる技術開発マネジメント

～課題と提言～



大林 厚臣

慶應義塾大学
教授

前掲の論文「シーズとニーズの構造からみる新技術のビジネス化」で紹介する事業構造モデルによって、次のことが分かる。新技術が社会実装される過程には、シーズ主導とニーズ主導の開発があり、一方だけでなく両者を促すことが重要である。ただし2つのタイプの開発と、それを促すマネジメントには、表-1に示すような対照的な違いがある。本論文では、シーズとニーズの構造の分析から、新技術の社会実装を促すマネジメントに関する課題と提言をあげる。

表-1 シーズ主導とニーズ主導の開発の比較

シーズ主導	ニーズ主導
(例) 革新的研究	(例) 実装に近い開発
(特徴) ニーズの要件が不明確 目標の変更がありうる 成果が出るまで長期	(特徴) ニーズの要件が明確 比較的短期
(評価基準) 問題の個別性より汎用性 専門分野ごとの活動 シーズの深耕 新規性や難度を評価 専門分野内の評価	(評価基準) 特定の問題解決 分野横断的な活動 シーズの範囲が広い 既存シーズの方が便利 複数分野の多元的評価
(特記) 現在不可能な問題解決	(特記) —

■ シーズ主導とニーズ主導を別に開発する

■ ～一気通貫の開発は例外事象～

新技術の社会実装は最終的に、社会ニーズを満たすニーズ主導の開発によってなされる。しかしそれに先立って、多数のシーズが利用可能になるよう、多くのシーズ主導の開発がなされている必要がある。既存シーズが十分にあれば、一部の技術については、シーズ主導からニーズ主導の一気通貫の開発ができることがある。しかしその場合でも、全ての技術が一気通貫で開発されるわけではない。一般に、新技術を利用可能にするシーズ主導の開発と、新技術が社会実装されるニーズ主導の開発は、数年以上の間隔があくことが多い。そしてシーズ主導とニーズ主導それぞれの分野の、別の人物が開発することが多い。

したがってSIPのような研究開発プロジェクトでは、シーズ主導とニーズ主導を別枠にしてテーマを募集する方法がある。

ニーズ主導の枠は、特定の問題解決をテーマとする(例:橋梁の定期点検コストを縮減する装置)。組み合わせるシーズは既存のものでも構わない。解決すべき問題は、募集側が指定しても、応募者が提案しても良いであろう。この枠のテーマを事業構造モデルで表現すると、図-1のようになる。特定の問題を解決するというニーズ□を満たすような、シーズの組合せを探索する。

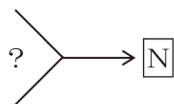


図-1 ニーズ主導型の開発

あるいは、問題解決のために欠けている特定のシーズを要件定義し、それを満たすことをニーズとして募集する方法もある(例:〇〇以上の耐久性と△△以下のコストで施工できるコンクリート)。事業構造モデルで表現すると図-2のようになる。全体の構造のうち未実現のシーズを満たすことを、ニーズNとして開発する。このタイプは、シーズ開発から一貫して社会実装まで実現しうる。

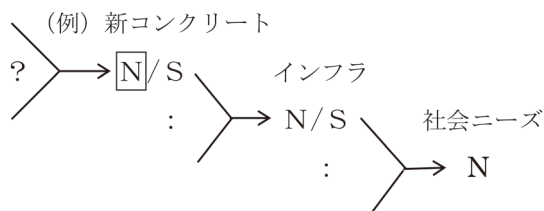


図-2 指定シーズの開発例(ニーズ主導の性質)

シーズ主導の枠は、現在不可能な問題解決を可能にするようなシーズの研究開発で、短期間で社会実装まで実現させることは必ずしも問わない。(例:ひび割れのパターンや経時変化から、構造物の劣化を推定・予想するAI)。事業構造モデルで表現すると図-3のようになる。このタイプは革新的な成果を生む可能性がある。

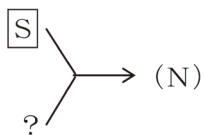


図-3 シーズ主導の開発

■ マネジメント手法と評価基準を使い分ける

シーズ主導とニーズ主導のマネジメントは、次の点で重視すべき事項が対照的に異なる。ニーズ主導は特定の問題解決が目的であり、問題の個別

性に合わせてシーズを組み合わせる。必ずしも新しいシーズを開発する必要はなく、既存シーズの組合せで解決できるなら、問題解決が短期で確実になり、むしろ望ましい。それに対してシーズ主導は、技術的な新規性や応用の汎用性が評価される。新規であるから、従来は解決できない問題を解決する可能性がある。個別ではなく汎用性があるから、多くの問題解決に応用できる。

この評価基準の違いを克服することが、シーズ主導とニーズ主導の両方の活動を必要とするイノベーションにとって課題になる。どちらか一方だけを重視すると、他方の活動が促進されない。ニーズ主導だけでは、既存の成果の改良に偏りがちで、画期的な成果が生まれにくい。シーズ主導だけでは、新技術が生まれても社会実装されない。

ただし技術が社会実装されるまでに、シーズ主導とニーズ主導の、局面が変わることに注意が必要である。研究開発の局面がシーズ主導かニーズ主導かによって、マネジメントや開発者の評価で重視する事項を使い分ける必要がある。1つの組織の中で使い分けが難しければ、それぞれの局面に慣れた相手と連携して、ある程度分業して開発する方法もある。

■ 開発者の評価とインセンティブ

評価基準を使い分けることは、開発者の動機づけとキャリア形成にも影響する。一般的にシーズ主導の開発は、学術研究に似ている。すなわち評価は専門分野ごとになされ、専門分野における問題意識と、新規性や技術的な難度が重視される。それに対してニーズ主導の開発は、分野横断的であり、解決すべき個別の問題にあわせて、異なる専門分野のシーズを組み合わせ調整する。特定の問題解決への貢献度が評価される。

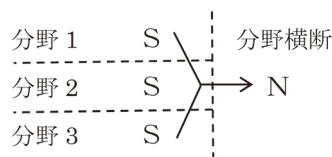


図-4 評価の範囲

社会ニーズを満たすために動員するシーズの範囲は、個々のシーズを開発するのに関与する範囲より広がる。このことを事業構造モデルで表現すると、図-4のようになる。

分野横断でシーズを組み合わせて調整することは、労力と創造性を要するが、問題ごとの特殊性のため、必ずしも汎用的な成果物を生まない。言わば「つぶし」が利かない活動である。また、分野横断的な活動では、専門分野の異なる関係者が多いので、難度が高い新規の技術よりも、平易で既に普及した技術のほうが実用的なことが多い。そのため専門分野でキャリアを作ろうとする者にとっては、ニーズ主導の開発は、労力の割に専門分野で評価されにくい活動になる。

その一方でシーズ主導型の活動は、専門分野内での評価を積み重ねて、専門家としてのキャリア形成につながりやすい。この場合に開発者には、ニーズ主導の社会実装に近い活動よりも、シーズ主導の専門分野の活動を優先させるインセンティブがはたらく。

専門分野の知識をもつ者がニーズ主導の活動を積極的に行うためには、その活動が評価されキャリア形成につながる必要がある。特定の問題解決の開発プロジェクトは、数年以内に終了することが多く、キャリアを通じた活動になりにくい。したがって個々の問題解決における貢献が、専門分野でも評価される制度が必要である。学術研究者にとっては、ニーズ主導の開発での貢献が、学会や研究機関での評価とキャリアにつながる事が重要であろう。また制度と同時に、ニーズ主導の活動における貢献を、適切に評価できる評価者の存在も重要である。適切な評価者がいない場合には、ニーズ主導の開発メンバーに選ばれたこと自体を、一種の評価と考えても良いだろう。ニーズ主導の開発に招聘された実績に一定の評価を与えるのである。

■ インフラ維持管理のニーズの特徴

インフラは設置される場所や用途によって仕様が異なる。そして環境要因や利用状況によって、

異なる劣化が進行する。インフラの維持管理のニーズは、一件ごとの特殊性が高い点が特徴である。そのような個別性の高い維持管理のニーズでも、部分的にまとめて標準化することで、標準的な技術や装備などのシーズを開発できる可能性がある。事業構造モデルで表現すると図-5のように、個別ニーズの共通点を抽出して代表ニーズを定義し、代表ニーズを満たすシーズによって、多くの個別ニーズを満たすのである。インフラ維持管理の分野においては、有望なイノベーションの形態である。

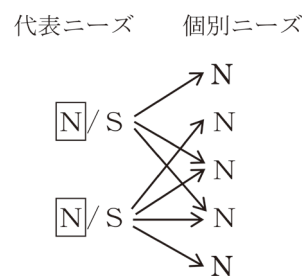


図-5 代表ニーズNの抽出

しかし現状は、数が多い中小規模のインフラは、管理する地方自治体で専門家が不足し、1自治体あたりでは数も少ないので、標準的なニーズを見つけることは難しい。維持管理を受注する地元業者も中小規模で、新技術を開発することも難しい。そのため維持管理に関して顕在化するニーズは、国や大手事業者が管理する、大規模なインフラに偏る傾向がある。国内に多数ある中小規模のインフラの維持管理を発展させるためには、学会や国民会議、有識者会議などの専門家集団の協力を得て、全国規模で維持管理ニーズを取りまとめ、標準的な開発目標を提案することが有効であろう。

【本報告文の連絡先】

大林 厚臣 宛
〒223-8526 横浜市港北区日吉4-1-1
慶應義塾大学大学院経営管理研究科
Tel:045-564-2441、Fax:045-562-3502
E-mail:obayashi@kbs.keio.ac.jp

SIPに対する一般市民の意識アンケート調査



依田 高典

京都大学
教授



黒田 敏史

東京経済大学
准教授



平田 研二

富山大学
教授

調査結果の概要について

選択と集中の是非を巡って、近年論争を呼んでいる大型競争的研究開発プロジェクトについて、一般市民の認知と理解を測るために、2018年11月、Web調査会社マイボイスと協力して、3,520名に対して、科学技術に関する意識アンケート調査を行った。回答者属性を確認すると、男性52%、女性48%、平均年齢51歳、大卒比率48%、平均世帯所得565万円であった。

第一に、科学技術に対する関心を問うと、関心がある20%、ある程度関心がある48%と、過半は科学技術への関心があることを確認できた。科学者への信頼度を問うと、とても信頼できる10%、やや信頼できる76%と、想像以上の科学者への信

頼を確認できた。

第二に、科学技術が貢献すべき分野として特に重視する分野を問うと、表-1で示されているとおり、資源エネルギー41%、生命医療41%、地球環境39%、食料35%、防災防犯32%という分野が上位を占めた。

第三に、科学技術の発展として国の支援として特に必要な政策を問うと、研究資金の支援51%、若手研究者の支援45%、社会的実用化の推進36%、女性科学者の支援29%が上位を占めた。

第四に、政府の科学研究費の配分について、集中か分配かを問うと、38%対62%で広い分配の支持が多かった。若手が実績かを問うと、77%対23%で若手の支持が多かった。実用化か基礎研究かを問うと、57%対43%で実用化の支持が多かった。

表-1 科学技術が貢献すべき分野として重視する分野

	重視する	やや重視する	やや重視しない	重視しない
資源・エネルギーの開発や貯蔵	40.6%	45.1%	10.1%	4.2%
生命に関する科学技術や医療分野	40.6%	45.1%	9.9%	4.3%
地球環境の保全	38.9%	45.8%	10.6%	4.7%
食料（農林水産物）分野	34.9%	50.0%	11.2%	3.9%
防災、防犯などの社会の安全・安心	32.1%	50.9%	12.6%	4.5%
未知の現象の解明、新しい法則や原理の発見	26.1%	54.3%	13.9%	5.7%
宇宙、海洋の開拓	24.4%	52.7%	16.9%	6.0%
製造技術などの産業の基盤を支える分野	24.3%	55.8%	14.6%	5.2%
情報・通信分野	24.0%	55.2%	15.7%	5.1%
家事の支援などの衣食住の充実や高齢者などの生活の補助	21.8%	54.9%	18.3%	5.0%
その他	9.2%	45.3%	26.7%	18.8%

SIPの意義と課題について

気になるSIPの一般認知度だが、表-2に示すとおり、そもそも具体的に知っている研究資金がないという回答が66%を占め、科研費ですら認知度22%に留まる中で、SIPは大型競争的研究開発プロジェクトとしては、AMEDと並んで、最上位の8.2%の認知度を得ており、同種のPRISM、ImPACT、FIRSTを大きく引き離している。

表-2 各種研究資金の一般認知度(複数回答可)

科学研究費助成事業(科研費)	21.9%
産業技術研究助成事業(NEDO)	14.5%
医療研究開発推進事業費補助金(AMED)	8.2%
戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)	8.2%
安全保障技術研究推進制度	7.7%
厚生労働科学研究費	7.6%
戦略的創造研究推進事業(CREST・さきがけ等)	7.0%
環境研究総合推進費	5.4%
戦略的基盤技術高度化・連携支援事業	5.4%
官民研究開発投資拡大プログラム(PRISM)	5.2%
革新的研究開発推進プログラム(ImPACT)	4.7%
国家課題対応型研究開発推進事業	2.6%
最先端研究開発支援プログラム(FIRST)	2.5%
知っているものはない	66.4%

表-3 SIPプログラムの貢献の評価

	科学的貢献	産業競争力	問題解決
評価する	21.5%	17.8%	18.2%
やや評価する	37.2%	36.8%	34.3%
どちらでもない	37.0%	40.6%	42.2%
やや評価しない	2.0%	2.5%	2.9%
評価しない	2.4%	2.3%	2.4%

SIPに対する評価の詳細を見ると、表-3の通り、科学的貢献度に対して、評価する22%、やや評価する37%、どちらでもない37%、やや評価しない2%、評価しない2%と概ね高評価を得ていた。SIPの産業競争力、一般市民の問題解決に対する貢献度に対しても、同様の高評価を得ていた。さらに言えば、僅差ではあるものの、ImPACT、FIRSTの評価よりも総じて高かった。以上、一先ず、SIPに対する一般市民の認知度、評価が高いことが確認された。今後は、個人属性、ニュース広報との精緻な計量的分析を行っていく予定である。

【本報告文の連絡先】

依田 高典 宛
〒606-8501 京都市左京区吉田本町
京都大学大学院経済学研究科
Tel:075-753-3477
E-mail:ida@econ.kyoto-u.ac.jp

■ 北海道における ■ 社会資本ストックの現状と課題

(1) 地域別社会資本ストック

北海道は、広大な面積を有し、広域分散型社会構造をなしている。北海道は、都道府県別社会資本ストック、人口一人当たりの社会資本ストックを見ると、全国都道府県の中で高い値となっている。図-2に国土係数(地域の面積に人口を乗じた値の平方根)と社会資本ストックの対全国シェアの関係を示したが、社会資本ストック量は人口だけではなく国土面積にも相関していることがわかる。

社会資本ストックを都市系(住宅・上下水道・都市公園・廃棄物・教育等)、国土保全系(治水・治山・海岸)、交通系(道路・港湾・空港)、農林水産系の4分野に大別すると、北海道は都市系社会資本ストックの構成比が小さく、農林水産系のストックが大きい。また、本州との連絡手段として港湾・空港の重要性が高く、更に広大な面積を有しているため道路も必要であり、交通系の社会資本ストックの構成比が高い。

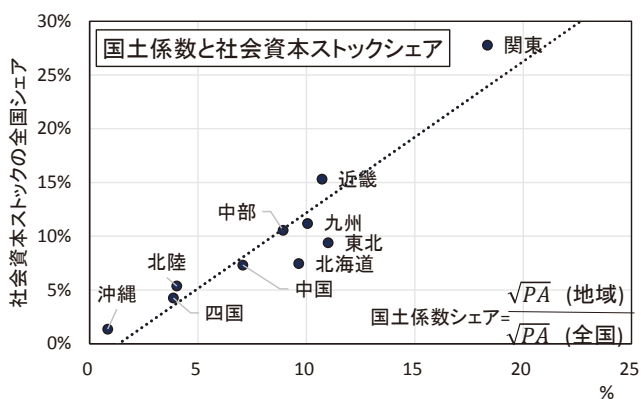


図-2 国土係数と社会資本ストック

(2) 地域経済

一次産業を背景とする「食」関連産業、「観光」関連産業が、今日の北海道経済を牽引している。道内地域別・産業分類別の相互取引構造は、インフラに支えられ、活発な活動構造・経済構造となっている。道東地方では、対道外域際収支が黒字となっているなど、食料供給基地として国全体への貢献度が高い。

(3) 人口動態

全国に先駆けて人口減少局面に入っている。少子化の進行が顕在化しているとともに、進学・就職に起因すると考えられる社会移動により(相対的な)札幌一極集中が加速している。農村地域では、農業大規模化による競争力強化が進んでおり農家一戸当たりの耕地面積等は増加しているが、集落消滅等に関する重大な課題は生じていない。2015年国勢調査では、北海道の人口約538万人は20,230個の1km²のメッシュに居住している。図-3に過去20年間の密度別のメッシュ数推移を示したが、大都市の高密度化と農業農村地域の低密度地域拡大が同時に進行していることが見てとれる。

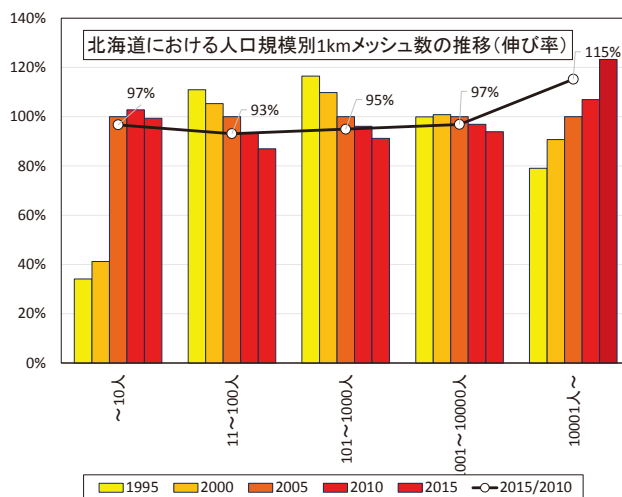


図-3 北海道における人口動態(人口規模別1kmメッシュ)

(4) 地方財政

市町村の財政は厳しく、インフラ・メンテナンスを進めるにあたっては地方交付税等による財政調整機能は不可欠である。市町村が管理する地方公共財としてのインフラには、便益の及ぶ範囲が限定された地域のみならず、地域を超えて他地域へ非競争的に波及が及ぶものもある。便益のスピルオーバー²⁾と呼ばれる効果であり、このための財源負担を応益的に調整する制度として補助金や交付金を充てることは合理性がある。

人口規模が小さな町村・人口密度の低い地域では人口一人当たりの総歳出額が高く、土木費支出額も大都市に比べて多い現状にある。

■ 都市や農業農村地域における ■ 社会資本ストックマネジメント

前節では北海道全体を俯瞰した総論としての論点を示したが、より具体的に個々の地域の状況等をみていく必要がある。

図-4に、函館都市圏の国勢調査結果について5年前と比較した人口増減図(500m Mesh)を示した。コンパクトシティ・中心市街地活性化等を目指したまちづくりに取り組んでいる函館市であるが、居住パターンとして郊外へとスプロールしている姿が見てとれる。高規格幹線道路・地域高規格幹線道路のジャンクション周辺では道路交通の利便性が向上しており、利便性の高い地域への商業施設立地が進んでいる。札幌市を除く道内拠点都市においてもほぼ同様にこのような傾向が見られる。

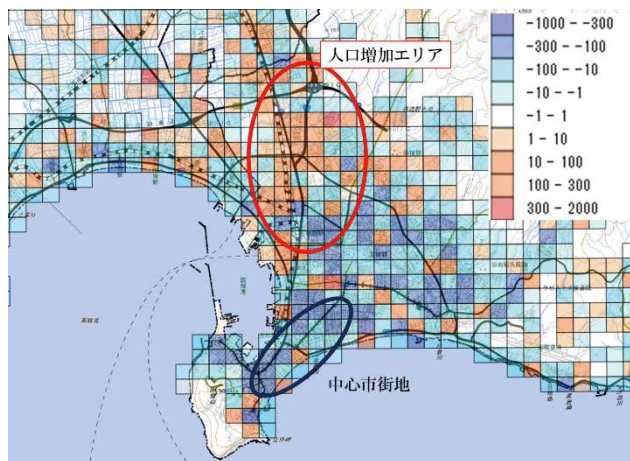


図-4 函館市人口増減(500m Mesh)

函館市のような地方拠点都市では、周辺地域も含めた生活や経済活動の拠点となっており、公共交通機関が未発達であるが故、周辺地域からの自動車利用も多く、「歩いて暮らせる」というキーワードだけではコンパクトシティの実現は難しく、冬期間の積雪も勘案すると、歩行と自動車の両輪によるコンパクトシティ化を北海道スタンダードとして考えなければならない。そうなると、道路インフラの量を減らすような施策が難しくなってしまう、基幹的なインフラに関しては地域の暮らしや経済を支えるため集約化以外の選択肢で効果的なインフラマネジメントを行うことが必要となる。

人口減少が急速に進む中、居住地区のスプロール

ル化が止らないと、都心部等ではスポンジ化・空き家問題が深刻化する。将来の都市構造のあり方も含めて議論を進めることの重要性がここにある。

幸いにして北海道のインフラは、整備が遅れていたことから比較的新しい構造物等が多い。図-5に橋梁年齢分布を示したが全国よりも10年弱若いことから、インフラ老朽化が深刻化していく時間的な余裕の中で、質の高い議論が望まれる。

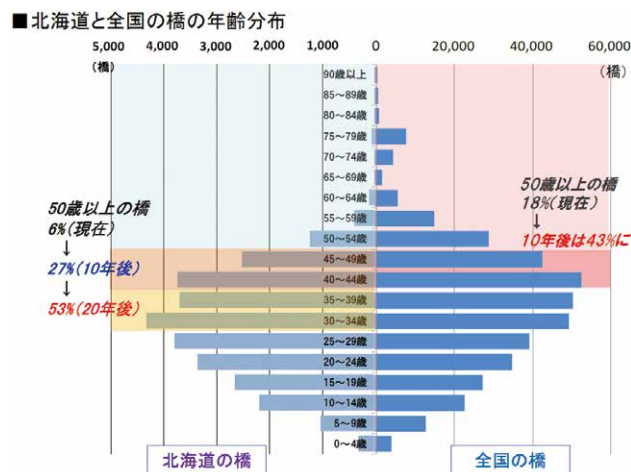


図-5 北海道と全国の橋梁、年齢分布

居住に関して、公営住宅も社会資本ストックに掲げられるものであることから若干付言する。自治体では「公営住宅等長寿命化計画」を策定することとなっている。本計画は長寿命化事業予定策定等の前段として、ストック状況把握という手順を踏んで、計画を策定することとなっている。ストック状況把握では、全ての公営住宅等において図-6に示すような事業手法の選定を行い、必要な住棟の点検に入るフローとなっている。事業手法の選定において、用途廃止という選択肢でストックを減らすことも含めた計画となっており、技術論と政策論を融合させた計画策定手法となっている。

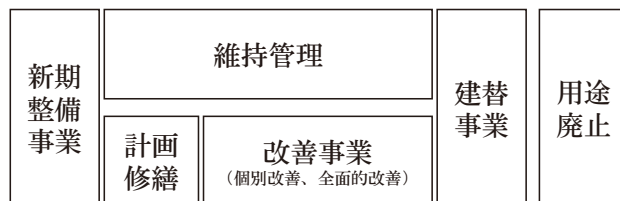


図-6 公営住宅等長寿命化計画(事業手法の選定)

■ 地域が社会実装に ■ 向き合っていくために

老朽化していく社会インフラのマネジメントは、とりわけ人口規模の小さな自治体や人口密度の低い自治体では、深刻な課題である。

課題解決に資する新技術に関しては、自治体の方も関心を持って話は聞いてくれる。しかしながら、その先の実装となると予算の問題や技術認証、機械等の輸送コスト等も含めてなかなか先に進まないところがある。問題解決のための好機を逃すことにもなりかねず、このようなハードルをなるべく解消するような環境づくりが必要である。

一つの方策として、地方の自主性・裁量性の拡大を提案しておきたい。現在の国土交通省の基準類の扱いは以下のように定められている。

【法令】 全適用

【国交省基準類】

国適用：国の管理する施設に適用されるもの

地助言：地方公共団体等へ技術的助言として周知されるもの

地参考：地方公共団体等へ参考に情報提供されるもの

事適用：事業者等の管理する施設に適用されるもの

事助言：事業者等へ技術的助言として周知されるもの

事参考：事業者等へ参考に情報提供されるもの

助言や参考扱いの基準については、自主的な判断が許容されている。施設の再編・廃止については自主的な判断にゆだねられているが、法定点検についても一部代替等の解釈を責任と裁量をもって対応することが可能であり、このような裁量性が新技術活用のインセンティブとなりうる(イメージ図を図-7に示した)。

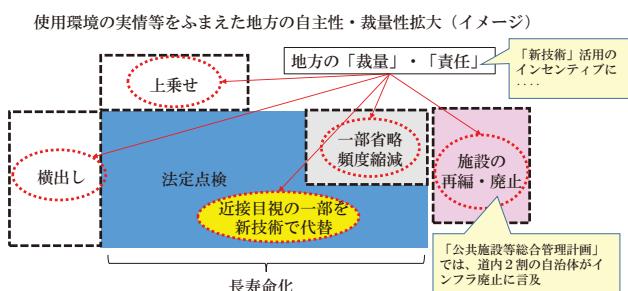


図-7 使用環境の実情をふまえた地方の裁量性

多くの自治体は、人口減少等の課題に直面しており、その対策や地域振興に向けて取り組みを進めている。地域の未来の姿とインフラマネジメントを関連させた議論も重要である。

北海道では、平成30年度、SIP研究グループと国民会議「北海道フォーラム」が連携して、様々な取り組みに着手しており、SIP終了後も北海道フォーラムが引き続き技術の地域実装に取り組む予定である。平成30年8月22日に開催した北海道フォーラム設立記念講演会の「第2部グループ討議」(図-8)では、同様の課題を抱える複数の自治体の情報交換の場にもなり、民間企業メンバーと自治体職員との活発な意見交換等、インフラマネジメントに正面から取り組む姿が見え始めている。



図-8 SIP・北海道フォーラム共同主催講演会(グループ討議)

SIPで北見工大が研究開発している「モバイルプロフィロメータ(MPM)」も実際に使ってみたいとの意見もでてきており、新技術導入の機運醸成の場としても期待される。

【参考文献】

- 1) 樋口耕一:「社会調査のための計量テキスト分析」、ナカニシヤ出版(2014年)101P～
- 2) 土居丈朗:「入門公共経済学」(第2版)、日本評論社(2018年)202P

【本報告文の連絡先】

高松 泰 宛

北海道大学 公共政策大学院

〒060-0809 札幌市北区北9条西7丁目

Tel/Fax:011-706-4723

E-mail:takamatsu@hops.hokudai.ac.jp

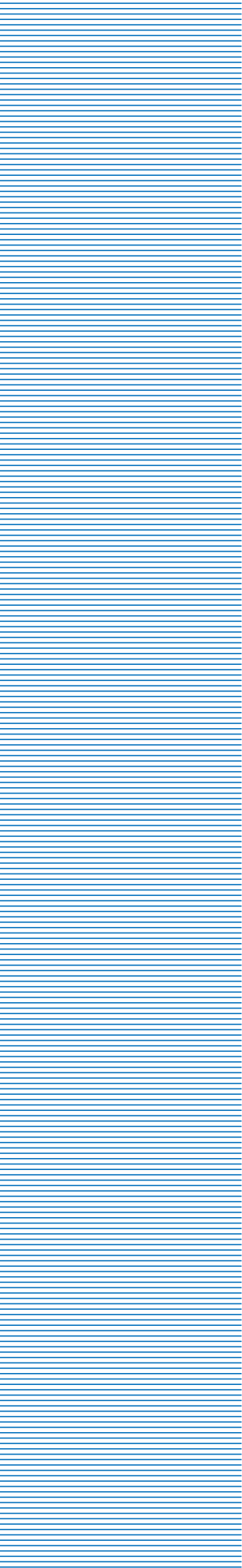


導
入

技
術

地
域

展
開



技術



地域が使いやすい技術と社会実装状況



井上 陽介

(株) 価値総合研究所
主席研究員

SIP インフラで開発された技術(以下、「SIP 技術」という)が地域でより多く実装されるためには、当該技術がどのような場面で使え、どのような効果があるのか、ユーザである地方自治体や事業者が容易に把握できる情報提供が必要である。

本稿では、ユーザである地方自治体や SIP 技術を地域に展開する拠点大学等が、SIP 技術を選定する上で必要な情報を把握し、地域で使いやすい技術を例示した。なお、各地域実装支援チームにおける具体の取組みは本報告書の各章を参照のこととする。

「地域が使いやすい技術」の判断要素

今後 SIP 技術が実用化された際、地域で導入しやすい、あるいは利用導入する技術の一つとして選択肢となるものを「地域が使いやすい技術」と定義し、地方自治体および民間事業者へのヒアリング等をもとに利用導入する際の判断要素を設定した。具体的には、表-1に示すように「対象範囲・工程」、「利用導入時の制約事項」、「導入効果」および「コスト縮減効果」の4項目とした。なお、システムや機器のユーザインターフェースなどの操作性は含めていない。

「対象範囲・工程」とは、技術が適用可能なインフラ・部材や点検工程であり、地方自治体が管理するインフラでの適用率や特定の課題への対応可

否を把握することが可能となる。

「導入効果」とは、従来技術・手法と比較し、安全性、簡易性、効率性、品質・精度の向上とした。ここで「安全性」とは、当該技術の導入により作業員の身の危険が伴う作業が不要・軽減されることである。「簡易性」とは、作業員の経験度合いにかかわらず、作業や機器操作等を容易にできるかである。「効率性」とは、従来よりも工数が短縮されるかである。「品質・精度」は、検出できる箇所の精度が高まる、あるいは点検作業員による診断のばらつきを平準化できるかなどである。

「コスト縮減効果」とは、当該技術の導入に係る

表-1 利用導入の判断要素

項目
【対象範囲・工程】 ○適用可能な構造物・部材 ○適用可能な点検補修の工程
【利用導入時の制約事項】 ○インフラの規模・構造など適用条件が限定 ○天候等、機材を利用できる条件が限定 ○機材数が少ない、手配や運搬にコストや手間を要する ○機材等の操作に技術ノウハウ(資格・免許)が必要 ○機材等の利用に許可申請等手続きが必要 ○定期点検要領に規定がなく、利用可否が判断つきにくい
【導入効果】 ○安全性、簡易性、効率性、品質・精度
【コスト縮減効果】 ○導入時、継続利用時

初期コスト、技術導入後の継続的な利用コストが従来と比較して縮減できるかである。

例えば、広島県では「公共土木施設の長寿命化に資する技術」への登録要件の一つとして、「原則として単価設定が可能なもの」、「コスト縮減など従来技術と比べ活用の効果が同程度以上であるもの」といった、コストに関する要件が含まれている。

SIP技術は開発段階であり算定単価等が設定されていない場合も多いが、従来手法と比較してコスト増となる、あるいはコスト増に見合う導入効果がなければ、地域では使いたくても使えない技術となる。また、地方自治体へのヒアリングによれば、「予防保全の必要性は理解しているが、新技術導入によるコスト増は受け入れにくく、目の前のコスト低減が大きな判断要素となる」といった意見もあった。

SIPインフラにおける技術開発動向

地方自治体が様々なSIP技術から利用導入したい技術を選定できるよう、利用導入時の判断要素について、技術開発チームを対象にアンケート調査を実施した。

アンケート調査によれば、橋梁もしくはトンネルを適用対象としたSIP技術の全般的な傾向は、技術導入の効果(図-1)として「品質・精度の向上」、「効率性の向上」を見込んでいるものが多く、その利用導入時の制約事項(図-2)としては、「インフラの規模・構造など適用できる条件が限定」、「天候条件等、機材を利用するための条件が限定される」、「機材の操作等に技術・ノウハウを要する」が多い。

コスト縮減効果(図-3)は、導入時に縮減効果が期待できないものが多く、「一定期間活用することで縮減効果が期待できる」といった次回以降の点検時にコスト縮減効果が生じる傾向にある。

使いやすい技術の社会実装事例

SIP技術が社会実装されるには、「利用導入時の判断要素」を明らかにするとともに、フィールド実証等により実際に目に触れ・知る機会が必要で

ある。そこで、地域実装支援チームでは、技術説明会やフィールド実証を開催し、SIP技術の周知、助言を実施してきた。

これらの判断要素に関する情報とフィールド実証等を踏まえ、今後、橋梁、トンネルや道路舗装等

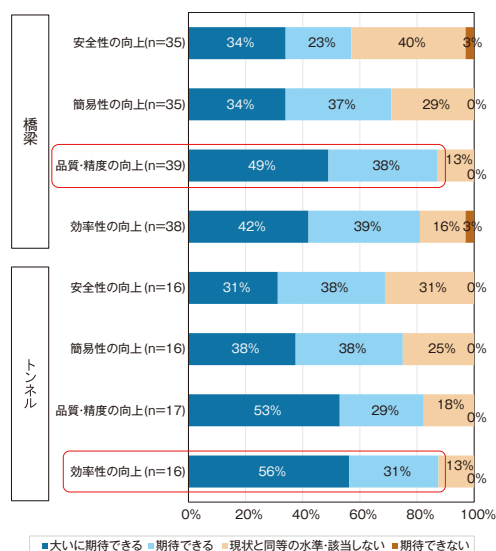


図-1 橋梁・トンネル関連技術の導入効果

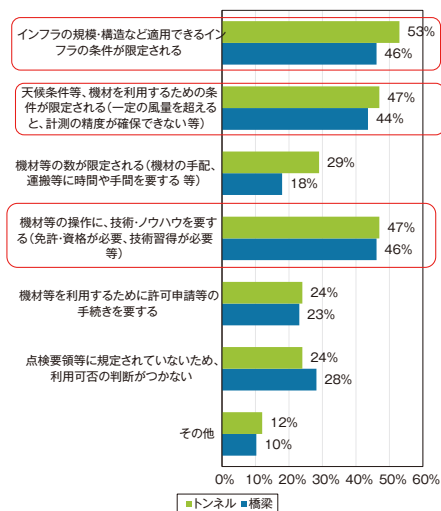


図-2 橋梁・トンネル関連技術の制約条件

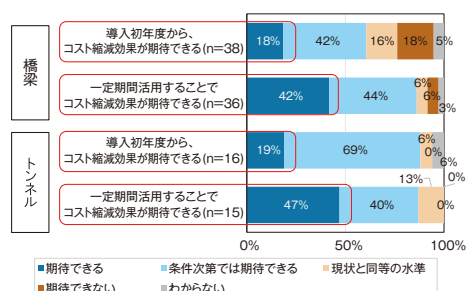


図-3 橋梁・トンネル関連技術のコスト縮減効果

において、地域が使いやすい技術の事例を以下に示す。

■ 橋梁:近接目視が困難な場所や ■ 事前調査に使える技術

橋梁関連では表-2に示すように多数のSIP技術について、地域実装支援チームのもと、技術説明会やフィールド実証が行われた。

現時点でこれらのSIP技術が近接目視や打音検査の代替にはならないが、ロボットやUAVの活用により、見えにくい場所の損傷箇所への把握や、近接目視の事前調査(スクリーニング)としての活用が期待される。

例えば、橋梁点検ロボットカメラは、桁高の高い箱形内部、橋側歩道橋を有するような隣接間隔が狭い橋梁や橋梁点検車が入れないPC吊床版橋など、人が容易に確認できない箇所へ適用可能な技術である。点検作業員の効率性、簡易性に加えて機器可搬性や汎用性がある。また、橋梁点検車の利用を省略でき、コスト削減が見込まれる。

次にUAVは、開発された機器によって飛行操作方法、対象適用可能範囲や撮影した画像の処理方法などが異なるほか、打音が可能な機器もあり、点検対象とする箇所によって、利用導入する技術の選択や組み合わせが必要となる。



図-4 SIPインフラで開発されたUAV・ロボット(資料:インフラ維持管理・更新・マネジメント成果事例集(JST/岐阜大学))

■ トンネル:交通規制や足場が ■ 不要となる検査技術

トンネル関係では表-3に示す技術に関して、地域実装支援チームのもと、技術説明会やフィールド実証が行われた。

橋梁と同様、現時点でSIP技術が近接目視や打音検査の代替にはならないが、高速移動する車両

表-2 地域実装支援チームにおける実証例(橋梁)

研究開発名称	技術の特徴	実証地域	対象箇所			点検工程		
			上部	下部	支承部	近接目視	非破壊検査	その他
橋梁点検ロボットカメラ等機器を用いたモニタリングシステムの創生	ロボットカメラ/モニタリングシステム	岐阜大 関西大	◎	◎	◎	○		
画像解析技術を用いた遠方からの床版ひび割れ定量評価システムの構築	画像解析技術/遠隔モニタリングシステム	琉球大	○	○	○	○		
橋梁の打音検査ならびに近接目視を代替する飛行ロボットシステムの研究開発	ドローン/打音機構	東北大 岐阜大 長崎大		○	○	○	○	
近接目視・打音検査等を用いた飛行ロボットによる点検システムの研究開発	ドローン/画像解析/打音機構・打音解析	鳥取大 長崎大	◎	○		○	○	○
二輪型マルチコプタを用いたジオタグ付近接画像を取得可能な橋梁点検支援ロボットシステムの研究開発	ドローン/画像解析/3D-CADモデル作成	岐阜大 鳥取大 長崎大		○	○	○		
橋梁・トンネル用打音点検飛行ロボットシステムの研究開発	ドローン(打音機構)/ポール打音機	岐阜大 長崎大	○	○				○
インフラ予保全のための大規模センサ情報統合に基づく路面・橋梁スクリーニング技術の研究開発と社会実装	インフラセンシングデータのマネジメント	鳥取大	◎	◎	◎			○
インフラ劣化評価と保全計画のための高感度磁気非破壊検査	高感度磁気非破壊検査	関西大 愛媛大 琉球大	●	●	●			○
コンクリート内部の鉄筋腐食検査装置の開発	音響誘起電磁法による非破壊鉄筋磁性評価	愛媛大	●	●	●			○

対象箇所:◎コンクリート部材、鋼部材 ○コンクリート部材 ●鋼部材
出所:株式会社価値総合研究所作成

表-3 地域実装支援チームにおける実証例(トンネル)

研究開発名称	技術の特徴	実証地域	対象箇所		点検工程	
			本体工	附属物	近接目視・診断	非破壊検査(打音)
レーザーを活用した高性能・非破壊劣化インフラ診断技術の研究開発	周波数シフト帰還型レーザーレーザー誘起振動波診断技術(打音)	関西大 長崎大	○	○	○	○
高速走行型非接触レーザーによるトンネル覆工の内部欠陥点検技術と統合型診断システムの開発	画像解析技術・高速走行型非接触レーザー・レーザー	岐阜大 長崎大	○	○	○	
画像解析技術を用いた遠方からの床版ひび割れ定量評価システムの構築	画像解析技術/遠隔モニタリングシステム	琉球大	○		○	
トンネル全面点検・診断システムの研究開発	トンネル全面点検・診断システム	長崎大	○		○	
橋梁・トンネル用打音点検飛行ロボットシステムの研究開発	ドローン(打音機構)/ポール打音機	岐阜大 長崎大	○			○

出所:株式会社価値総合研究所作成

からトンネル壁面のひび割れ等を計測できる技術やレーザーでの打音検査技術が期待されている。

前者は、特殊車両が高速移動しながらトンネルのひび割れ、変形、うき、背面空洞などを同時に計測可能である。従来の高所作業車と比較して交通規制が不要となるため、安全性や効率性が高いほか、ほぼ全てのトンネルに適用できるなど汎用性も高い。

後者のレーザー打音検査(図-5)は、高速移動による計測はできないが、高所作業の足場が不要、人と比べて20倍の速さで打音可能であることが特長であり、実用化が期待されている技術である。

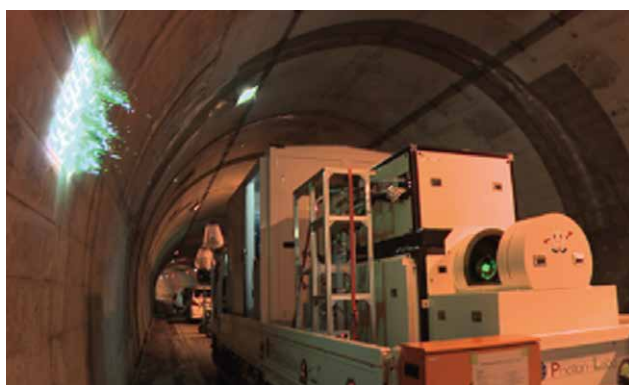


図-5 レーザー打音による実証状況(資料:量子科学技術研究開発機構、協力:(株)フotonラボ・計測検査(株))

■ 道路舗装:IRI 調査が簡易・安価に可能な技術

道路舗装関連技術としては、スマートフォンを利用した路面性状調査の技術の活用が期待される。

業務車両等にスマートフォンを専用ケースで簡易固定し、加速度、角度、画像データ等を元に路面性状値IRIの算出や損傷箇所を検証が可能な技術(図-6)である。従来のMCI調査に比べて1/20のコストで実現でき、実装に必要な機器はスマートフォン、Wi-Fiルータ程度であるため、設備投資



図-6 スマートフォンを利用した路面性状調査の仕組み(資料:JIPテクノサイエンス株式会社)

も小さくて済むことにより、コスト縮減効果も高い。

■ データベースの共同運用と管理

橋梁の点検結果等データを県や市町村で共同利用管理するシステムである。データベースの導入により、橋梁診断書(カルテ)作成に要する時間が1/60に短縮されるといった報告もある。なお、既に橋梁等の点検データを県や関係団体がデータ管理している例もあり、これ自体は珍しいものではない。

しかしながら、蓄積しているデータを単なる点検記録業務の効率化ではなく、データとしてより活用していくために、例えば、山形県と東北大学のように大学がデータ分析支援を行うなど運用体制を組むことで、より使える技術となる。(C-3参照)

また、北海道では地元管理型水道のアセット情報集約にタブレットやGISなどを活用しており、地域や学生などユーザが取り扱いやすいよう簡易性を向上させている事例もある。(C-5参照)

■ 使いやすい技術とするために

現時点で地域に社会実装されているSIP技術は、概ね活用実績がある技術である。

今後、SIP技術が実用化され、さらに定期点検要領やガイドライン等で新技術の利用に係る基準や指針(利用可否)が示されれば、使いやすい技術の判断要素がさらに明確になると思われる。

また、新技術をより使いやすい技術とするためには、実証フィールドやユーザーニーズの把握、技術開発サイドが評価を得る場が、必要不可欠である。そこでの地方自治体や大学の果たす役割は大きく、地域実装支援チームやインフラメンテナンス国民会議の地域フォーラムといったネットワーク活動が重要である。

【本報告文の連絡先】

井上 陽介 宛

〒100-0004 東京都千代田区大手町1丁目9番2号

(株)価値総合研究所 パブリックコンサルティング第二事業部

Tel:03-5205-7902

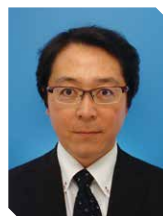
E-mail:yosuke_inoue@vmi.co.jp

SIP 開発技術と橋梁定期点検要領の 26損傷との関係



松田 浩

長崎大学
教授



山口 浩平

長崎大学
准教授

SIP 技術説明会や実証試験での意見

橋梁の維持管理の要は、唯一無二である個々の橋梁の損傷を含めた状態を精度よく検知(点検)して、正確な診断を行い、適切な措置(補修・補強)を行い、それらのすべてを記録することである。「点検」、「診断」、「措置」、「記録」のメンテナンスサイクルが運用されてはじめて、効率的で有効な維持管理システムが構築されることになる。

長崎大学では、①SIP 開発技術をインフラ維持管理技術者へ広く周知すること、②地方自治体のインフラ管理者および民間維持管理技術者から維持管理全般の課題(現場ニーズ)を把握すること、③そのニーズを開発者へフィードバックすること、を活動の柱として実施してきた。

SIP 技術の説明会や実証試験を実施する中、地方自治体のインフラ管理者や民間維持管理技術者から様々な意見や助言が出されたが、「点検ですぐに使える技術はどれか。」と「現在の維持管理業務へどのように導入できるのか。」の2つに要約される。

本報ではSIP 開発技術が主目的とする点検について、国直轄版の橋梁定期点検要領および地方自治体版の道路橋定期点検要領に規定されている損傷の種類とSIP 開発技術の関係について考察した。

国および地方自治体の 橋梁定期点検の現状

現在、国直轄の橋梁と地方自治体の橋梁の点検・診断の方法はそれぞれの定期点検要領として定められており、損傷の種類や対策区分判定等の若干の差はあるものの、国および地方自治体の管理者が適切な維持管理業務を行うという意味では同じであろう。しかしながら、表-1に示すように、定期点検要領には直轄版では26損傷、地方自治体版では同表の*を付けた7損傷の種類が定められており、個々の損傷の種類についてさらに最大5段階(a~e)の損傷の程度を「近接目視」や「たたき試験」による点検で検知することとなっている。

しかしながら、特に地方自治体の橋梁の点検・診断業務においては、人員不足や予算等の制約が

表-1 26損傷とSIP開発技術の関係

損傷の種類	開発課題番号	損傷の種類	開発課題番号
①腐食*	1, 7, 12	⑬路面の凹凸	39
②亀裂*	2, 3, 36	⑭舗装の異常	39
③ゆるみ・脱落		⑮支承部の機能障害*	54
④破断*	1, 7	⑯その他*	
⑤防食機能の劣化	1, 12	⑰定着部の異常	
⑥ひび割れ*	22, 44, 45, 47, 50, 51, 52	⑱変色・劣化	
⑦剥離・鉄筋露出	12	⑲漏水・滞水	
⑧漏水・遊離石灰		⑳異常な音・振動	8, 21, 24
⑨抜け落ち		㉑異常なたわみ	25, 33
⑩補修・補強材の損傷		㉒変形・欠損	
⑪床版ひび割れ*	7, 12, 22, 23, 33	㉓土砂詰まり	
⑫浮き	11, 48, 50, 51	㉔沈下・移動・傾斜	
⑬遊間の異常		㉕洗堀	21

*道路橋定期点検要領に規定

ら、同要領に定められた損傷の種類等を確認するだけでその結果を有効に活用できていないのが実情である。また、桁端狭隘部等、点検で確認できない「不可視箇所」が多く存在していたり、また、RC床版では、ひび割れだけではなく漏水・遊離石灰等の複数の損傷を併発している場合が多い。

■ SIP 開発技術と橋梁定期点検要領 (直轄版)の26損傷との関係

SIP インフラでは、ロボット技術や画像解析技術等により、近接目視に頼らずあるいは1次スクリーニングとして、ひび割れや浮き・剥離等の個々の損傷を検出する開発が精力的に行われている。表-1は、SIP 開発技術が現行の点検要領に規定される26損傷のどの損傷を主にターゲットにしているかの対応表である。同表によると、ひび割れ、床版ひび割れ、浮き等の特定の損傷に開発が集中しており、漏水・遊離石灰、補修・補強材の損傷、漏水・滞水等の開発技術はないことがわかる。一方、地方自治体版である道路橋定期点検要領に規定される7損傷の種類は、その他を除いては網羅している。

■ 主要部材の致命的な損傷の傾向

表-2はある管理団体の対策区分判定C1とC2、すなわち健全性の診断ではⅡ(予防保全段階の損傷)およびⅢ(早期措置段階の致命的な損傷)を有する主要な部材の発生頻度の高い損傷の種類の上位3位を示した一例である。

例えば、鋼主桁でC1またはC2の部材は全ての部材の5%であり、損傷の種類発生頻度の1位は腐食、2位は防食機能の劣化、3位は亀裂である。同様に、コンクリート主桁の1位は剥離・鉄筋露出、2位はひび割れ、3位はその他、下部工の1位はひび割れ、2位は剥離・鉄筋露出、3位は浮きである。

これらの中で例えば、RC床版では、剥離・鉄筋露出、漏水・遊離石灰の発生頻度が高いが、表-1からそれらの損傷の検知を目的とした開発は多くない。また、RC床版ではひび割れだけではなく、ひび割れ発生後の漏水・遊離石灰等の損傷による鉄筋の発錆・減肉が橋梁の致命的な損傷となる場

表-2 主要部材の致命的な損傷の傾向

損傷の種類	鋼主桁 5%	Con主 桁 2%	Con床 版 5%	下部工 2%	損傷の種類	鋼主桁 5%	Con主 桁 2%	Con床 版 5%	下部工 2%
①腐食*	No.1				⑭路面の凹凸				
②亀裂*	No.3				⑮舗装の異常				
③ゆるみ・脱落					⑯支承部の機能障害*				
④破断*					⑰その他*	No.3	No.1		
⑤防食機能の劣化	No.2				⑱定着部の異常				
⑥ひび割れ*		No.2		No.1	⑲変色・劣化				
⑦剥離・鉄筋露出		No.1	No.2	No.2	⑳漏水・滞水				
⑧漏水・遊離石灰			No.3	No.2	㉑異常な音・振動				
⑨抜け落ち					㉒異常なたわみ				
⑩補修・補強材の損傷					㉓変形・欠損				
⑪床版ひび割れ*					㉔土砂詰まり				
⑫浮き				No.3	㉕沈下・移動・傾斜				
⑬遊間の異常					㉖洗堀				

*道路橋定期点検要領に規定

合が多い。

■ 新技術への期待

現在、橋梁の点検は、橋梁点検員が26損傷を同時に確認する手法で行われている。SIP 開発技術では、26損傷のうち半数程度以下の損傷、特にひび割れや浮き等、先端技術が比較的得意とする損傷に特化して開発および実装が進められている。したがって、SIP 開発技術が現状の点検法の完全な代替とはなり得ていない。しかしながら、人間の眼を越えた効率的で高精度な検知技術も開発されている。それらの検知機能は、例えばAIを用いて点検結果から診断へ、診断結果から措置へと、適切な維持管理システムの構築につながるものであると期待している。

維持管理技術者が一番欲する技術は、点検から診断へ、そして最終的な措置に繋がるメンテナンス技術である。そのために、致命的な損傷を見逃さず確実な点検・診断を行うために、近接目視という人間の五感を補完する、あるいは1次スクリーニングとしての新技術はニーズが高く、すぐに社会実装でき得るものと考えられる。また、定期点検において、例えば対策区分判定S1の詳細調査の判定を受けた場合や補修設計時の調査等、特定の部材および特定の損傷に特化した定期点検以外の点検業務への新技術の早期実装も期待される。

【本報告文の連絡先】

山口 浩平 宛
〒852-8521 長崎市文教町1-14
長崎大学大学院工学研究科
Tel:095-819-2591
E-mail:kohei@nagasaki-u.ac.jp

琉球大学SIP主催の技術講習会参加者が考える 「利用したい新技術」と「新技術の利用に対する障害」

崎原 康平

琉球大学
助教

富山 潤

琉球大学
准教授

山田 義智

琉球大学
教授

SIP 技術講習会について

琉球大学は、地域実装支援チームの一つとして、
①亜熱帯島嶼に適した橋梁維持管理技術の実装
②診断ドクターの育成

を目的に活動を行っている。また、沖縄県の橋梁を維持管理している地方自治体、地元建設コンサルタント等にSIPで開発された技術を紹介するため、琉球大学では2017年2月21日、6月16日、10月16日SIP技術講習会を実施している。その技術講習会の中で、SIPの認知度や橋梁の点検・維持管理技術に対するニーズの把握を目的として、アンケートを行い、その結果と考察を取り纏めた。

アンケート結果とその考察

○SIP講演会の参加者年齢

図-1に各SIP技術講演会の参加者の年齢を示す。同図より、10～20代の参加者は、多いときでも20%程度であった。一方、40代～50代が半数以上を占める結果となっており、SIP技術に関心のある年齢には差があることがわかった。これは、SIP技術を採用するためには、技術のみならず、採用実績やコスト面など様々な要因を包括して判断しなければならないため、多くの経験・実績があ

り総合的な判断ができる40～50代の参加者が多くなったと考えられる。

○SIP講演会参加者の職業割合

図-2に示す職業割合については、官公庁は7～9%、建設会社は2～8%であった。また、すべての講演会でコンサルタントが70%以上を占めていた。また、大学からの参加者が少ないため、他大学間とSIP関連情報の共有や意見交換も積極的に行う必要があると考える。

○SIPの認知度

図-3に各SIP技術講演会の参加人数に対するSIPの認知度を示す。2回目の開催では、40%を下回ったものの、3回目の開催では50%を超えており、講習会の回数を重ねるにつれてSIPに対する認知度が向上していることがわかる。しかしながら、全体数としてはまだ多いといえず、今後、SIP技術の認知度向上のための活動等が必要であると考えられる。

○参加者が考える「利用したい新技術」

表-1に自由記述方式で行った「利用したい新技術」の結果を示す。全回答の中で、UAV (Unmanned Aerial Vehicle) やひび割れ画像解析技術に関する項目の回答数は73件中35件と約半数を占めており、琉球大学SIPが行った実証実験で採用した技術であるドローンを含むUAVの

活用や画像からひび割れを検出する新技術(大成建設SIP技術)に関する関心が高いことがわかる。この理由として、採用した大成建設SIP技術は、コストについては従来の方法よりも低く抑えることが可能であり、コア技術であるひび割れ解析技術は、それほど熟練した技術者でなくても、ある程度事前にトレーニングを行えば解析が可能であるからと考えられる。

○参加者が考える「新技術の利用に対する障害」

表-2に、表-1と同じく自由記述方式で行った「新技術の利用に対する障害の結果」を示す。同表

より、新技術の利用に対する障害としては、コストや人材、新技術に対する基準や指針の未整備、実績、発注者の新技術に対する認知度などが挙げられる。これらの問題を改善するためには、今後も実証実験を管理者と連携して行い実績を積み重ねるとともに、新技術の利用方法なども管理者と継続的に協議していくことが重要であるとする。

【本報告文の連絡先】

崎原 康平 宛

〒903-0213 沖縄県中頭郡西原町千原1番地

琉球大学工学部工学科建築学コース

Tel:098-895-8649、Fax:098-895-8677

E-mail:sakihark@tec.u-ryukyu.ac.jp

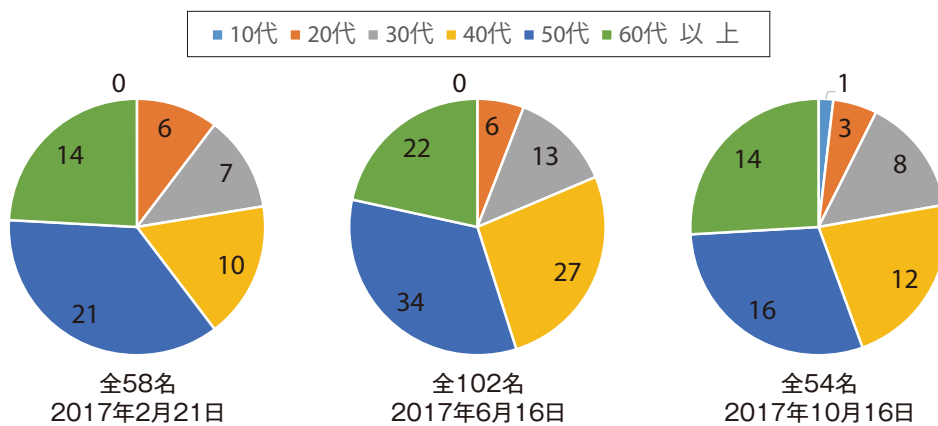


図-1 SIP講演会の参加者年齢

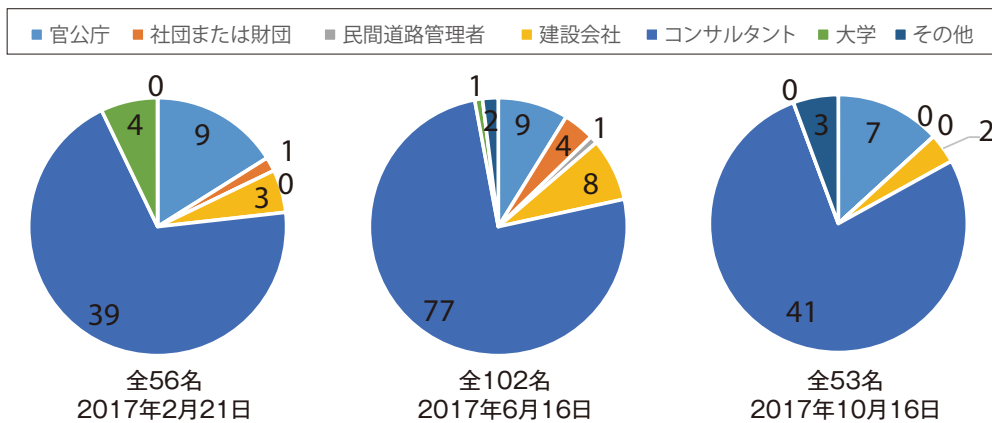


図-2 参加者の職業割合

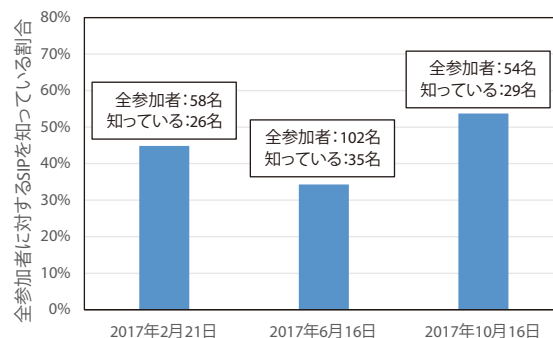


図-3 SIPの認知度

表-1 利用したい新技術

<p>[2017年2月21日アンケート結果]</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ひび割れ画像解析技術を一般用プログラムで早く使用できれば効率的な業務が行えるように思います ・ひび割れ画像解析技術 ・ひび割れ解析技術は実用レベルと思われる。早期の技術提供、開放をお願いしたい ・ひび割れ解析技術に期待、技術者が少なくなる中、非常に有効になると思う ・遠隔診断技術 ・診断に関する標準化に関する技術 ・海岸構造物に用いるコンクリートにフライアッシュ等の添加剤を使用して、塩害対策を検討・提案したい ・全方位動画を活用した橋梁の老朽化画像制作 ・ドローン、ロボット、AE ・床版現場打ち部の施工の工夫 ・作業時間に制限のある構造物の点検に画像解析技術が有効だと思うが、自社で使用できるようになれば理想的です ・港湾構造物の点検診断技術の開発 ・水中ドローン ・橋梁等の桁下空洞でのドローン技術を利用した点検等について ・完全非破壊でコンクリートの鉄筋の腐食状態を診断できる技術。目視点検での場合、内部の状態は打音等でしか推測できないため、簡易的に内部の状態も把握できるような技術があればよい ・構造物のひび割れ画像解析技術 ・写真からのひび割れ図作成技術 ・3D点群、ひび割れ画像解析 ・ひび割れ画像解析技術 ・構造物のひび割れ画像 ・作業の期間短縮 ・ウェーブレット変換を用いた画像解析技術 ・UAVを用いた橋梁等構造物の診断技術 ・今のところない ・従来から、そのインフラ分野のオーソリティーであった方がブラッシュアップされた技術であれば、安心して現場に投入できる ・材料面の利活用を検討したい。コンクリートを含む ・本講演でも紹介されていた人による調査・点検が困難な場所(遠方・狭隘部)、若しくは、潜水工等、コストが大になりやすい業務において、そのデメリットを補うような技術 ・鋼材の腐食測定技術 <p>[2017年6月16日アンケート結果]</p> <ul style="list-style-type: none"> ・画像解析技術を用いた遠方からの床版ひび割れ定量評価システムの構築 ・橋梁点検近接目視代替方法 ・橋梁・トンネル点検用打音検査飛行ロボットシステムの研究開発 ・橋梁の打音検査ならびに近接目視を代替する飛行ロボットシステムの研究開発 ・社会インフラの点検高度化に向けたインフラ構造および点検装置についての研究開発 ・舗装と盛土構造の点検・診断自動化技術の開発 ・高精度かつ高効率で人工構造物の経年変位をモニタリングする技術 ・傾斜センサー付き打込み式変位計による表層崩壊の予測・検知方法の実証試験 	<ul style="list-style-type: none"> ・河川堤防の変状検知等モニタリングシステムの技術研究開発 ・衛星観測を活用した河川堤防モニタリングの効率化 ・物理探査と地下水観測技術を活用した堤防内部状態のモニタリングシステム ・インフラ維持管理・更新に関する多種多様なデータ蓄積・管理・活用技術の研究開発 ・多層的な診断による地方自治体のインフラ維持管理システムの開発 ・経営学・理工学・経済学連携によるインフラ長寿命化モデルの開発 ・空洞および裏込沈下調査におけるチャープブレード等特殊GPR装置の研究開発 ・コンクリート内部の鉄筋腐食検査装置の開発 ・超耐久性コンクリートを用いたプレキャスト部材の製品化のための研究開発 ・近接目視における点検は、個人差が出、継続的な調査において問題が少なからずあると思われるので、それを補える様な点検技術 ・ドローン・AI技術を活用した構造物の維持管理 ・港湾構造物のライフサイクルマネジメントの高度化のための点検診断および性能評価に関する技術開発 ・養生方法およびかぶり誤差の解消の実施方法 ・埋設物等の確認が容易に行えるような技術があれば見てみたい ・フライアッシュコンクリートの活用 ・ICT技術で維持管理を補うような技術(都市高速の床版健全度の可視化により、維持管理の優先順位付けに役立つことが出来る)と考える) <p>[2017年10月16日アンケート結果]</p> <ul style="list-style-type: none"> ・近年ドローンを活用した技術の進歩が目覚ましいため、新しい取り組みを知ることができました。ドローン技術はこれからも活用したいと思います ・桁端部と橋台パラペットの隙間の劣化が確認できる技術 ・コンクリート内部の鉄筋腐食検査装置の開発 ・非破壊での内部鉄筋の腐食が初期から発見出来れば役に立つ ・フライアッシュの普及活動、業務化 ・ドローンによる点検技術 ・コンクリート内部を可視化する後方錯乱X線装置の開発 ・点検を新技術で出来るようにする ・河川構造物の劣化、メンテナンス等 ・点検・モニタリング診断技術 ・地中埋設物(水道、下水道等)の探査方法 ・ドローンでなるべく費用をかけないで、探傷状況を知るのに良い ・フライアッシュコンクリートの技術は場合によって使用したいと思う ・橋梁維持管理 ・橋梁点検の技術 ・今、現在特になし ・FAコンクリートの地域実装 ・ETC2.0の今後の活用方法(ソフト面) ・産業廃棄物の再利用技術
---	---

表-2 新技術の利用に対する障害

<p>[2017年2月21日アンケート結果]</p> <ul style="list-style-type: none"> ・コスト面 ・社会的認知度の不足、基準、要領等による記載 ・歩掛かりの必要性と上級機関が率先して活用し資格をつむことだと考える ・維持管理関係のビジネスモデル構築が難しいと思っています ・管理者の意識改革が必要である。実績がないと採用が難しい。沖縄県が土建部幹部の要実績を明言している ・お金が高い ・高価、保障(対応年数等)、計画機関の検分不足 ・研究成果、費用予算 ・コストや施工量 ・事業の発注者側の認知度が低いとこちら側からの提案はしづらい。従来技術や方法との精度差がどの程度なのかを示す具体例がもっと多く必要 ・費用、技術指針が十分でない。気軽に活用できれば良いと思う ・新技術等による基準、指針等の未整備分野への適用 ・橋梁点検に限って言及すると近接目視での点検が義務付けられている。今後、このような技術が進歩して、近接目視でなくとも良いという要領の緩和も進めていく必要があると思います ・コストがかかる。使い方が分からない ・コストが高い ・行政側が知らないこと、実績が少ないこと(SIP技術) ・ウェブレット変換を用いた画像解析技術、オペレーターがトレースしなければならないこと。トレースする際に判定する必要があるのでは。誤ってトレースした場合は定量的ではないと思う。人の誤差を極力少なくする方法が必要では ・定期点検要領では目視点検が基本。あくまで機械は補助。本当に機械を信用していいのか ・コストと技術者の確保が容易ではない ・発注者の技術頻度が前例主流であるため、新しい技術が活用しにくい。また、勉強不足を感じる ・費用面、精度面が明確ではない ・優れた技術であっても、現場で活用する場合、十分想定していないものや、コスト面や安全面の課題があるものは活用しづらい ・このような新技術に対応できる人が少ない ・最新技術に触れる機会が少ない ・実績、購入する場合のコスト、制度の改正等が必要 <p>[2017年6月16日アンケート結果]</p> <ul style="list-style-type: none"> ・インフラ整備に関係する予算枠の確保 ・現行制度による制約、予算の制約 ・新技術導入へのコスト・教育・人材など ・費用面、対応できる人材の不足 ・NETIS登録されているかどうか ・自治体では、事例・前例がないと導入に踏み切りにくい ・高価である ・新技術の情報が不足している ・県としての仕様が確立していない ・実績にともなう信用度が足りない。打破できる説明資料が不十分だと思う ・新技術についての周知が不足している面もあると思う ・多岐におよぶ規制 ・設計においては、常に参考・実例を求められる(新しい技術を最初に扱いたくない!) 	<ul style="list-style-type: none"> ・広く、知れ渡っていない ・明確な優位性が見られない。価格 ・技術不足、人材不足、雇用継続など ・高価となるものは安価になるまで活用は難しい ・やはり、有効性があるとしても実績がないと採用しにくいというのが現状である ・コンサルの立場としてはNETISの登録は必須と考えている <p>[2017年10月16日アンケート結果]</p> <ul style="list-style-type: none"> ・技術の確実性、価格 ・床版下面のドローンでの調査について、一般的な市販のドローンでは使用(調査)不可 ・今後の開発、普及等の情報提供 ・経済的なコストの問題がある ・やはり信頼度ではないでしょうか?あと、NETISあたりがもっと早く認証して頂ければ状況は大きく変わるので ・国が定める基準に適合しているかどうかの根拠を示しにくい場合がある ・業務として確実に活用できる実証が、その現場毎で大丈夫という、確認できることを説明できない?(実績などを問われる) ・管理者の対応 ・公共事業においては、実績を重視する ・定期点検要領にうたわれている「近接目視」「たたき」が、新技術の採用のそがいではと思っている ・新ソフト、機械どれも高価格のため活用しづらい ・開発途中が多い(GPS、レーダー、音波を利用した技術等) ・基準類の柔軟性不足、新技術の汎用性
--	--

近接目視・打音検査等の機能を有する 飛行ロボットによる点検システム



鶴田 浩章

関西大学
教授



古田 均

関西大学
教授

背景・主要内容

5年に1回の近接目視点検が義務付けられた橋梁に対して、多くの多様な橋梁を管理する地方自治体では予算や技術者の不足もあり、安価で効率的な点検システムの必要性が叫ばれている。そこで、SIP「関西・広島地域のインフラ維持管理の枠組みと新技術の実展開」(研究責任者：関西大学古田 均)のグループでは、奈良県において近接目視・打音検査等の機能を有する飛行ロボットによる点検システムの実装実験を行った。

実装技術の概要

本実装技術は、ドローン型飛行ロボットを用いて足場や特殊車輛を使用せずに、橋梁の桁下部や床版面、橋脚の側面や支承部に対して、カメラによる表面観察や支承部等の近接確認、打音検査などを行うことができ、新日本非破壊検査(株)を中心としたグループにより開発されたものである。

実証日時：2018年2月20日(火)

天候等：晴れ、風速 1~2m/s程度

場所：奈良県桜井市粟殿 三輪高架橋(多径間連結PCコンポ橋、3径間連続非合成鉄桁、橋長：784m、全幅員：16.10m、24径間、施工：2008年12月、

地上から桁下面までの高さ約5m)

使用機材：図-1の水平面(桁下面・床版対応)用飛行ロボットと図-2の垂直面用ロボットを使用した。

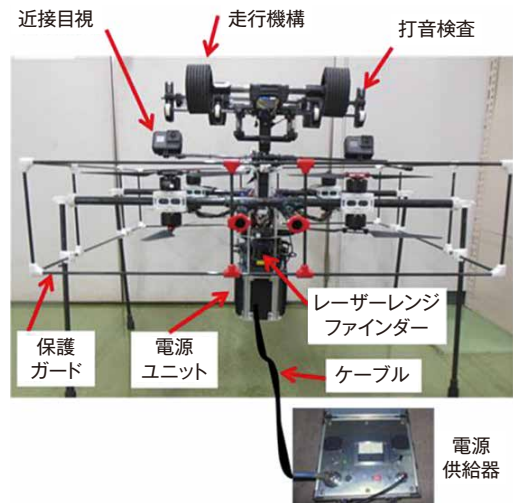


図-1 水平面用飛行ロボット

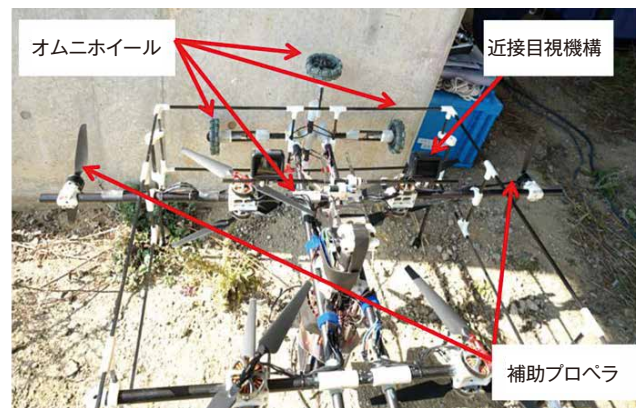


図-2 垂直面用ロボット

図-1の水平面用飛行ロボットは、飛行と走行の機能を有する移動機構部と点検機構部を有し、点検信号の可視化や評価を支援する解析システムを加えて点検システムを構成している。マルチコンピュータの機能により橋の裏側の床版や桁に接近し、揚力を用いて点検部位に車輪を押し付け、車輪を駆動させて走行する。また、左右の車輪は回転速度を変えることで走行方向をコントロールすることができる。点検機構部は等間隔に配置された4式の打撃機とマイクからなる打音検査機構(図-3)、接近した位置から2台のカメラで動画を撮影する観察機構(図-4)から構成され、移動機による走行と連動させて効率的な点検を実施する。ロボットに供給する電源は有線により供給され、打音信号も専用の通信ケーブルによりデータ解析用PCに伝送している。また、位置データと近接目視用のカメラ画像はハブを用いて1本のLANケーブルによる伝送を行っている。垂直面用ロボットは、水平用の装置と同じ飛行機構を用い、走行機構として全方位車輪(オムニホイール)を搭載し水平方向の押付力を担う補助プロペラが左右に配置されている。また、飛行機構の上部に近接目視機構を搭載している。

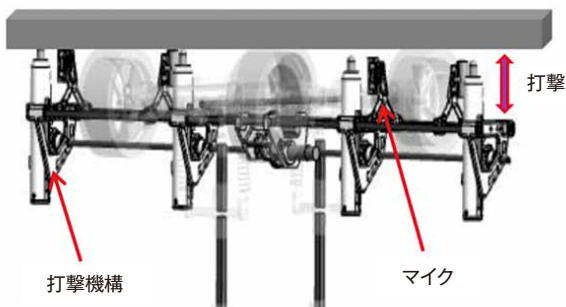


図-3 打音検査機構

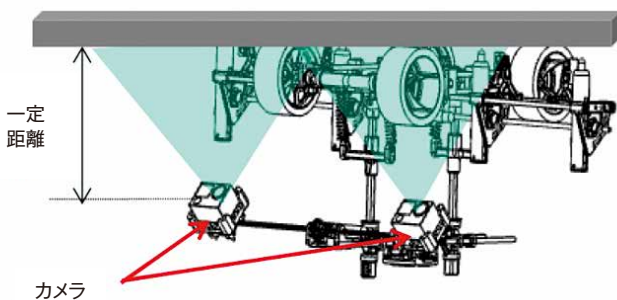


図-4 観察機構

■ 実装実験の内容

本実装実験においては、水平面用ロボットを用いて桁下部に対して2回、床版部に対して3回の走行を行い、点検漏れがないように全面を対象とした。また、橋脚の側面に対して、垂直面用ロボットを用い、橋脚側面の走行と支承部の観察を行った。そして、点検性能と機能について検証した。点検性能については、①PC 桁下面の近接目視・打音検査(水平面用ロボット)、②床版の近接目視・打音検査(水平面用ロボット)、③橋脚側面・支承部の近接目視(垂直用ロボット)を検証項目とした。また、機能については、①近接目視(桁下面、床版橋脚側・支承)、②打音検査(桁下面、床版)、③点検位置(桁、床版)、点検部形状計測(床版)、④垂直面走行(橋脚側面)を検証項目とした。

■ 実装実験の結果

図-5に本実験の状況を示す。

まず、図-6および7に示される水平面用飛行ロボットに関する結果について述べる。PC桁下面および床版の近接目視・打音検査などの点検性能については観察画像や打音検査結果の可視化が十分にできていた。また、近接目視、打音検査、点検位置、点検部形状計測などの機能についても問題はなかった。ただし、点検橋梁に変状箇所等がなかったため、変状を検出できるかの確認はできなかった。



図-5 実証実験の状況



図-6 桁下面の点検状況



図-7 床版の点検状況

次に、図-8に示されるように垂直用ロボットについては橋脚側面での登り始めにやや手間取ったが、登りだすとスムーズに移動していた。また、支承部の近接目視についても問題なく実施できていた。

以上の実装実験の結果に関して、表-1~4に本実装技術に対して、評価できる点および課題に分けて整理して示す。



図-8 橋脚側面の点検状況

表-1 評価できる点(点検性能)

- ・桁下面および床版面への飛行ロボットの到達および走行はスムーズである。
- ・点検部位の動画を撮影でき、動画から静止画を得ることができ、部材の表面の状況を確認しやすく、点検面積が大きい場合に有利である。
- ・打音検査を行い、その打音信号を分析することで結果を評価できる。

表-2 評価できる点(機能面)

- ・点検部位の動画から、打音検査箇所の画像が確認でき、ひび割れも自動検出処理で抽出できる。
- ・人が入れない箇所でも、安全に経済的に点検を行うことができる場合が多くなる。
- ・橋脚側面の登り始めにやや難があるが、走行はスムーズにでき、支承部も足場を設けなくて、確認可能である。
- ・打音検査については人力で行うより作業効率が向上する。
- ・搭載されたレーザーレンジファインダーによりロボットの位置計測と走行軌跡の把握ができ、ロボットの現在位置の確認が可能で点検漏れを防止することができる。
- ・有線で電気を送ることにより連続点検ができ作業の効率性に優れ、無線の飛行形式ロボットと比較して、作業の安定性、信頼性に優れている。

表-3 課題および改善点(その1)

- ・ロボットの操作には、習得の訓練が必要である。
- ・専門チームの体制構築(操縦者、誘導者、データ解析者、データの判断者、総括指導者等)が不可欠である。
- ・飛行ロボットの周りに保護ガードがあり桁端部が点検できないこと、桁間の制限があることから小型化が望まれる。
- ・打音検査時のコンクリート片の剥落に対する対処をどうするか考慮が必要である。

表-4 課題および改善点(その2)

- ・コンクリート部材表面が鏡面的な仕上がりの場合に、特に橋脚側面では車輪のスリップ等を考慮した改良が必要である。
- ・簡易騒音計で測定した結果、ロボット近くでは最大85dB程度(地下鉄車内程度)の値が測定され、発電機の騒音と同等であった。また、近隣の住宅地(現場から10m程度離れた所)でも65dB程度が測定された。騒音レベルを低減するために、飛行ロボットの羽の形状の改良などが必要となる。
- ・有線形式であり、無線の場合より長い時間点検ができることは有利であるが、長時間の連続点検はロボットの操縦者の疲労が大きく、30~40分が限度である。将来的には、プログラミング等を導入した自動オペレーションの開発による操縦者の負担軽減も必要になると思われる。
- ・桁下に操縦者が入れない場合(海上や深い谷部の場合)に、安定した点検ができるかを確認する必要がある。
- ・今回の実証試験では、構造物が健全であったため確認できなかったが、変状部分の検出やスクリーニングについて、人手による場合と比較検討をすることにより、その有利性を明確にしておいた方がよいと考えられる。
- ・実用化に当たっては、機材のレンタル制度や運転講習などを含めたビジネスモデルも考えていく必要がある。

以上のように、有益な機能を有し評価できる点も十分に備えているが、いろいろな橋梁の点検に適用するには課題も多いことから、橋梁の架設場所の地形条件によっては適用が難しい場合もあり適用条件が限定されるものと考えられる。この技術は、他のグループ(例えば、岐阜大学チームなど)により河川橋での実装実験も行われており、ここでは、今回の場合と違い操縦者が飛行ロボットの下に入れないことから、実用化するには改善が必要との評価であったと報告されている。

しかし、実装実験に立ち会った奈良県の技術者からは、「足場を設置できない箇所(point)の点検に優位性があると思う。この技術を使うべき箇所、手でやるべき箇所、他の技術を使うべき箇所と使い分けることで、点検しづらい箇所の点検がより多くできるようになるとありがたい。」という意見が寄せられた。したがって、この技術においても条件を限定すれば、十分に優位性を発揮できる点検箇所もあると思われる。即実用化できる技術ではなくても、使える所に使いながら、近い将来により多くの箇所で実用化できるよう、課題を地道に改善していく努力を継続していくことが、重要だと考えられる。そのためには、いろいろな負担も必要になると思われるが、橋梁の点検すべてを一つの技術で賄おうとするには無理があり、適材適所に従来の技術や新技術を使い分けていくことが大切であると思う。そのようなことが実現し、橋梁の点検が効率的に安全に信頼性高く行われるようになるために、今後の改良の継続を期待したい。

〈本技術の開発グループからのコメント〉

今回、関西大学地域実装支援チームの協力で、奈良県桜井市の三輪高架橋で実装実験を実施した。点検ロボットの実用化にはロボット機能・性能に加え、それらの機能が効率的に発揮できる作業手順や、人員配置などの運用法と安全対策も重要となる。点検業務においては、対象橋梁の構造や周囲環境から適用の可否や範囲を検討し、適切な実施計画を提案することが重要であり、コスト面への影響も大きいと考えられる。それゆえ、地域実装支援チームの協力で実施する現場実証等で得られる知見や経験、関係者からのアドバイスは社会実装につなげるための重要な開発要素と考えている。

(新日本非破壊検査(株) 和田秀樹氏)

【本報告文の連絡先】

鶴田 浩章 宛

〒564-8680 大阪府吹田市山手町3-3-35

関西大学環境都市工学部

Tel:06-6368-0899、Fax:06-6330-3770

E-mail:tsurutah@kansai-u.ac.jp

■ 損傷を有する RCT 桁橋および ■ その切断桁載荷試験への新技術の適用



松田 浩

長崎大学
教授



山口 浩平

長崎大学
准教授

■ 切断桁の載荷試験

地域実装支援チームの一つである長崎大学チームは、①技術説明会、②現場での実証試験を活動の柱としている。技術説明会は、自治体職員や点検従事者等に対して複数の開発者から開発技術を説明してもらうこと、実証試験は、原則として技術説明会に参加された開発者の開発技術を実橋に適用する公開試験のことである。長崎大学チームでは、両者を年間数回開催しているが、2017年12月に長崎県内のRCT桁橋が撤去されるのを受け、点検調査の実証試験を行い、さらに撤去後に切断された主桁2本を用いて載荷実験を実施し、新技術の適用性について検討した。

■ 対象橋梁の概要

対象橋梁であるRCT桁橋(図-1)は、上り線がRCT桁橋、下り線がRC床版橋で構成される単径間スパン8m程度の橋梁である。RCT桁橋は、1954年に現在のG2～G6が架設され、その5年後の1959年にG1、G7が増設され、現在7主桁で構成されており架設後約60年が経過している。直近の定期点検調書によると、橋梁の健全性はIIであるものの、主桁に剥離・鉄筋露出、漏水・遊離石灰が多くみられ、特に増設されたG1、G7である耳桁に対策区分判定C2である剥離・鉄筋露出、同C1である浮きが確認されている(図-2)。その損傷の原因は、耳桁であり雨水の影響を受けやすいことも考えられるが、増設桁のコンクリートの劣



(a) 側面



(b) 桁下面

図-1 対象橋梁



図-2 主桁下面の損傷状況

化がG2～G6に比べて著しく、材料や施工の不良と推察された。なお、当初架設のG2～G6は玉砂利・丸鋼が、増設されたG1、G7は碎石・異形鉄筋が使われている等、わずか5年の間に使用材料が一変した時期であった。

■ 検証項目

SIP 開発技術等の点検・診断に関する検証として、橋梁定期点検要領に則り点検・診断された橋梁の損傷度、診断結果と比較を行った。検証項目は、「浮き」および「ひずみ」の検知である。

SIP 開発技術の他の技術として、光学的計測の精度の検証、構造同定の可能性の検証を行った。検証項目は、従来の接触式変位計と新技術であるサンプリングモアレカメラによる変位計測、従来の接触式加速度計と新技術であるレーザードップラー速度計による振動計測である。また、レーザースキャナやSfM(Structure from Motion)の3次元計測データから、橋梁一般図のCAD 図面化やFEM(有限要素法)モデルの自動作成および解析



図-3 点検状況

への展開の可能性等である。

■ 実橋点検で使用したSIP 開発技術等

本節では、「No.51 近接目視・打音検査等を用いた飛行ロボットによる点検システムの研究開発、研究責任者：和田秀樹(新日本非破壊検査(株))」の実証結果の概略を述べる。

本技術は飛行ロボットに搭載する打音点検機構を有する。本点検調査においては桁下空間が1.5m程度と手が届く距離であるため打音点検機構をロボットから外し、図-3のように人により桁下面等に押し当てた状態で移動させながら、打音点検機構の機能によりコンクリート面に打撃を与え、打音をマイクで收音して、詳細な打音解析を実施した。解析結果から幾つかの変状と思われる信号が検出されたので、その一例を紹介する。

図-4 に示す解析結果は、横軸はA2からA1への桁下面の打撃位置を、縦軸は周波数を示している。同図の①は信号強度が大きく変化した部分、②は1.5kHzと強い信号が発生しており、それまでのスペクトルの周波数分布とは明らかに異なっている。スペクトルが変化した部分について、機

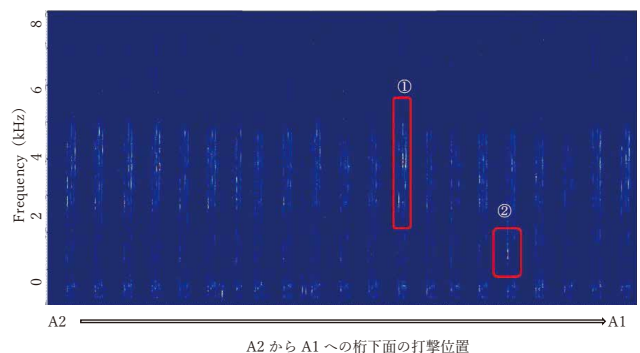


図-4 解析結果



(a) 搭載カメラの画像



(b) 別カメラによる広域画像

図-5 浮きの周辺部の画像

構に搭載したカメラ画像と別のカメラによる広域画像を図-5に示す。②の箇所については搭載カメラの画像および点検調書から周辺部の浮きがあることが確認でき、剥落の可能性も推測できる。①については、既に剥落して鉄筋が露出した部分の直近であり、画像からは浮きは確認できないものの、内部には空洞部が存在するものと推測できる。

今回の実証試験の妥当性等について開発技術者にフィードバックしたところ、実証試験とは別に開発技術者による模擬試験体を用いた試験が実施された。その結果、健全部では幅が広いブロードなスペクトル分布、空洞部では特定の周波数域に卓越スペクトルが存在する傾向が確認された。今回の実証試験と模擬試験体による試験結果より、新たな健全度判定指標として、スペクトル分布の正規化および二乗平均平方根処理による解析手法が見出された。

以上より、打音解析結果から打音スペクトルに明らかな変化が発生した部分には浮きや剥離等の変状が存在しており、本システムにより浮き・剥離等の変状は検出可能と考えられる。

■ 切断桁の載荷試験で使用した ■ SIP 開発技術等

本節では、「No.35インフラ構造材料研究拠点の構築による構造物劣化機構の解明と効率的維持管理技術の開発、研究責任者：土谷浩一（物質・材

料研究機構）」の実証結果の概略を述べる。

図-6に、載荷試験状況、ひずみ可視化シート設置状況、変色状況、測定結果を示す。切断桁は、劣化の著しいG1と、架設時期は古いが劣化がほとんど見られないG3の2種類である。載荷は2点曲げとして、本技術のひずみ可視化シートおよびひずみゲージにより桁下面のひずみを測定した。ここでは、ひずみ可視化シートの実証結果の概略を述べる。

同図(c)より、ひび割れ幅が大きい位置においてはひずみ可視化シートが変色していることがわかる。実際は、ひび割れ幅の増大に伴い、変色した領域が拡大した。また、本システムでは数十マイクロのひずみ領域の検知はできなかったが、一般的なコンクリートのひび割れ発生ひずみである100 マイクロ程度以上であれば検知できることもわかった。

■ 実証試験を終えて

今回は、浮きとひずみ検知について検証を行った。浮きについての新技術は、定期点検で規定された近接目視との完全な一致が求められているものの、状況によっては近接目視よりもより精度の高い結果が得られるのではと実感した。また、ひずみについては、電源不要でかつ過去に生じた最大のひずみ履歴を検知できる点では今後の実装に期待が持てた。



(a) 载荷状況



(b) ひずみ可視化シート



(c) 変色状況

図-6 切断桁の载荷試験状況および結果等

さらに、打音検査の実証試験においては、計測結果の妥当性をSIP開発技術者にフィードバックすることにより、スペクトル分布の正規化および二乗平均平方根処理等の新たな健全度指標が見出された。このような関係は、SIPインフラの開発技術の成果を社会実装するうえでの、開発技術者と地域実装支援チームとのコラボレーションの好事例である。

【本報告文の連絡先】

山口 浩平 宛
〒852-8521 長崎市文教町1-14
長崎大学大学院工学研究科
Tel:095-819-2591
E-mail:kohei@nagasaki-u.ac.jp

高感度磁気非破壊検査による 照明柱基部の腐食の検出



石川 敏之

関西大学
准教授



古田 均

関西大学
教授

大阪府の照明柱の倒壊事例

2016年2月14日、大阪府の一般国道479号吹田高架橋の照明柱が倒壊した。原因は、コンクリートに埋め込まれた照明柱基部が、長時間湿潤状態にさらされ、マクロセル腐食により柱の板厚が減少して倒壊に至ったと考えられる。この倒壊事例を受けて、大阪府が管理する照明柱、標識柱(約36,000基)を対象に、目視点検および板厚調査を行う緊急点検が実施され、判定区分IV(緊急措置段階)の照明柱・標識柱は撤去あるいは更新されている。

照明柱や標識柱は、図-1に示すように、アスファルトやコンクリートに埋め込まれているケースが多々あり、アスファルトやコンクリートの地際下の柱基部が腐食しやすい状態であるため、地際下

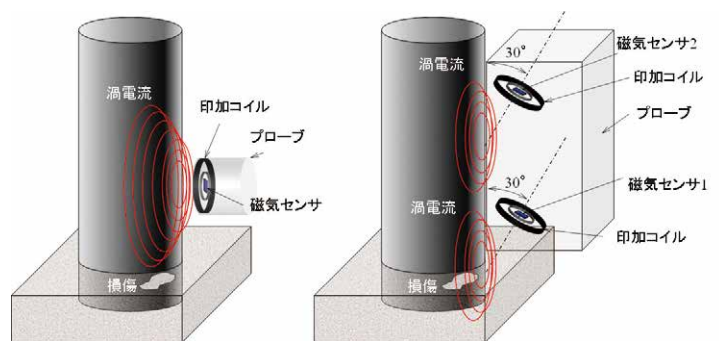


図-1 照明柱・標識柱の基部の埋め込み部の状態

の柱基部の腐食を評価できる点検技術が求められている。

SIP技術とのマッチング

非破壊で、鋼板の腐食量を計測する技術として、SIP「インフラ劣化評価と保全計画のための高感度磁気非破壊検査」(研究開発責任者:岡山大学塚田啓二教授)の高感度磁気非破壊計測が合致したため、同装置の地際下の標識柱・照明柱基部の腐食の点検へのマッチングを行った。これまでの高感度磁気非破壊計測のセンサを図-2(a)に示すように計測対象構造に対して垂直に接触させる構造であったが、塚田らによって地際下の腐食を評価するためにプローブを斜め下方向に30°の角度を設けて2つ設置したプローブ(図-2(b))が開発され¹⁾、それを用いて評価することとした。2つ



(a)垂直磁気プローブ

(b)地際用に開発した磁気プローブ

図-2 高感度磁気非破壊検査用の磁気プローブ

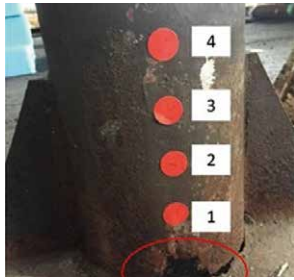


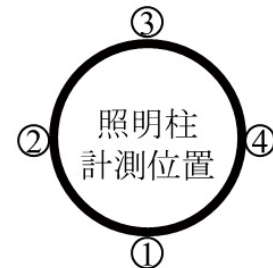
表-1 斜め下方向の腐食の事前評価

測定箇所	垂直方向 (%)	斜め下方向 (%)
4(base基準)	100	100
3	103	111
2	99	99
1	95	40(60%減肉)



(a) 垂直磁気プローブ

測定箇所	板厚 (mm)	割合 (%)	減肉 (%)
健全部	4.2	100	0
番号1	3.5	83.3	17
番号2	3.7	88.1	12
番号3	3.6	85.7	14
番号4	3.3	78.6	21



(b) 地際下用傾斜磁気プローブ

測定箇所	磁気センサ1 (地際部)			磁気センサ2 (センサ1より4cm上)		
	板厚 (mm)	割合 (%)	減肉 (%)	板厚 (mm)	割合 (%)	減肉 (%)
健全部	4.2	100	0	4.2	100	0
番号1	2.7	63.2	37	3.4	79.9	20
番号2	2.8	67.2	33	4.9	117.2	-17
番号3	3.2	76.4	24	5	119.2	-19
番号4	3.1	73.9	26	4.5	105.8	-6

図-3 照明柱の高感度磁気非破壊検査の状況と計測結果

設置したプローブは、腐食による板厚減少とその位置を推定するために設けられている。

既に撤去された、孔食を有する照明柱基部に対して、斜め下方向へ傾けたプローブで事前調査を行ったところ、表-1に示すように、腐食部の40mm程度上側から、腐食による板厚減少が計測できることが示された。ただし、腐食部の計測値は、点ではなくある程度の面に対する評価となる。

実際の照明柱基部の腐食の調査

地際用に開発されたプローブで、実際の照明柱基部の腐食の調査を行った。大阪府では、2016年の緊急点検により、判定区分III(早期措置段階)とIVの標識柱・照明柱は既に対策が施されていたため、判定区分IIの標識柱に対して、調査を行った。場所は、大阪府の吹田市役所前の歩道部のアスファルトに埋め込まれた照明柱である。地際近傍に若干の腐食が見られているため、判定区分IIとなっている。

測定の状況と計測結果を図-3に示す。垂直磁気プローブを用いて地際上を計測した結果、10~20%程度の板厚減少であることが定量的に示された。地際下用傾斜磁気プローブの計測結果から、地際下では20~30%程度の腐食と判定された。

高感度磁気非破壊検査は1点あたり数秒で計測でき、今回のように鋼部材がコンクリートなどに埋め込まれた部分の腐食のスクリーニングに利用できることが示された。この装置は、地際下のリブ溶接部の疲労損傷の検出にも利用できる。

【参考文献】

- 1) Tsukada, K., Tomioka, T., Wakabayashi, S., Sakai, K. and Kiwa, T.: Magnetic Detection of Steel Corrosion at a Buried Position Near the Ground Level Using a Magnetic Resistance Sensor, IEEE Transactions on Magnetics, pp.1-4, 2018.5

【本報告文の連絡先】

石川 敏之 宛
〒564-8680 大阪府吹田市山手町3-3-35
関西大学環境都市工学部都市システム工学科
Tel:06-6368-0926、Fax:06-6330-3770
E-mail:t-ishi@kansai-u.ac.jp

水中構造物の損傷の調査と対策

～四万十川・岩間沈下橋～



全 邦釘

愛媛大学
准教授

岩間沈下橋座屈事故

岩間沈下橋は高知県四万十市の、四万十川上流に架かる沈下橋の1つである。沈下橋とは、増水時に水面下に沈んでしまうように設計された橋梁であり、欄干を設けず水の抵抗を受けにくくしているのが特徴である。図-1は陥没事故発生前の写真であるが、欄干がない構造になっている様子がわかる。沈下橋は、低い位置に架橋されることや、架橋長が短くできることから、コストや建設日数を大幅に削減できるというメリットがある。四万十川は台風や大雨で大幅に増水することが多く、そのため四万十川に架かる多くの橋は沈下橋となっている。

岩間沈下橋は1963年に建設された橋長120m、幅員3mの10径間単純PC床版橋であり、鋼製パイルベント橋脚を持つ。岩間沈下橋は橋梁道路ネットワークの一部として地域の交通の要所であると同時に、多くの人が訪れ、またテレビコマーシャルや商品ポスターの舞台となるなど、観光資源としても非常に重要な橋梁である。しかし、2017年11月11日に、橋梁中央部付近の鋼製の橋脚が座屈して中央付近のスパンが陥没した。その様子を図-2に示す。座屈が生じた原因として、鋼材が腐食により薄くなっている、あるいは孔が空いていることが考えられた。孔は目視により確認できるが、



図-1 岩間沈下橋の座屈前の様子

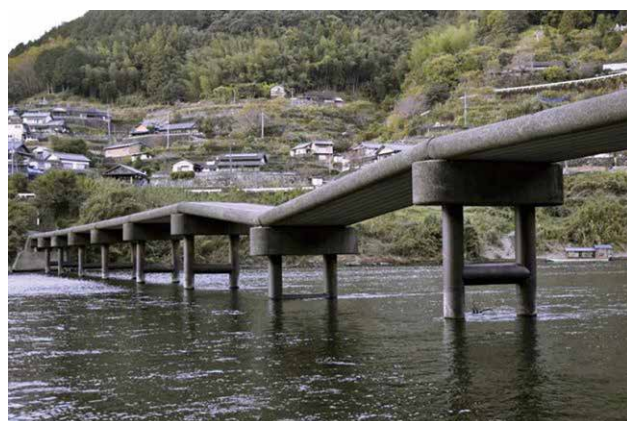


図-2 岩間沈下橋のP7橋脚の座屈の様子

板厚は目視により評価できず、計測を行う必要がある。

超音波を利用した板厚測定器がこのような板厚計測では一般的に用いられる。超音波板厚計測器を用いるには、計測面が平滑である必要があるが、岩間沈下橋の橋脚は腐食が進行しているため、ケ



図-3 極低周波渦電流検査装置による計測

レンを行う必要がある。しかし水中部のケレンは難易度が高く、またケレンで除去された腐食生成物は河川環境に悪影響を与える。さらに、内面の錆も除去しないと原理上計測結果に悪影響を与えるが、鋼管の内側の錆をケレンする方法がない。

SIP 技術とのマッチング

上記のような背景のもと、ケレンをせずとも残存板厚を評価できる計測手法を四万十市は求めていた。そこで、愛媛大学が起点となり、SIP インフラで岡山大学塚田教授により研究開発が進められている極低周波渦電流検査装置とのニーズ・シーズのマッチングを行った。同装置は磁気を用いるため、ケレンをせずとも、そして非接触、水中でも板厚を計測することができるという特長がある。また、一点あたりの計測時間は10秒程度のため、網羅的な計測も可能であるなど、まさに自治体が求めている技術と合致していた。

2018年6月1日に岩間沈下橋において実際に計測を行った。その時の様子を図-3に示す。また、

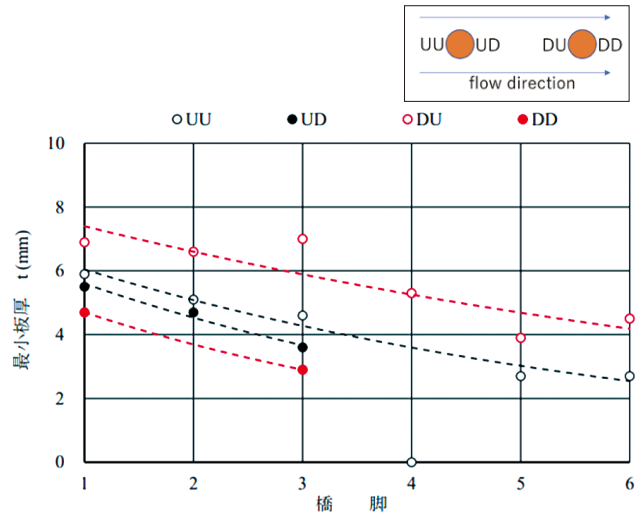


図-4 P1からP6橋脚の計測結果

板厚計測結果を図-4に示す。河川中央部に近づき流速が速いほど、そして下流側の面ほど腐食による板厚減少が進行していることがわかった。

対策

10径間の橋梁であるが、座屈してしまったP7、P8橋脚以外にも、P4～P6についても最小板厚はほぼ0mmとなっており、非常に危険な状態にあることがわかった。一方でP1、P2については板厚は減肉しているとはいえ、ほぼ半分以上残存している。そこで、P1、P2以外の橋脚について、無収縮モルタルを注入する補修工法をとることとした。この決定には、本取り組みによる板厚計測が大きく寄与しており、SIP技術が地方自治体の悩みを解決した一例と言える。なお、四万十市の担当者、および計測を担当した株式会社第一コンサルタントの担当者の声は以下の通りである。

四万十市:ケレンをせず、しかも水中でも高速で板厚計測ができるため、維持管理方針の策定に大きく役立ちました。

第一コンサルタント:本技術により板厚の変化を把握することができ、設計に必要な重要データを得ることができました。

【本報告文の連絡先】

全 邦 釘 宛

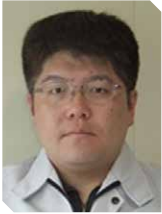
〒790-8577 愛媛県松山市文京町3

愛媛大学大学院理工学研究科生産環境工学専攻

Tel:089-927-9822、Fax:089-927-9840

E-mail:chun@cee.ehime-u.ac.jp

無線センサネットワークを活用した斜面モニタリング事例 ～ SIP 技術と大学発技術のコラボレーション～



杉本 知史

長崎大学
准教授



石塚 洋一

長崎大学
准教授

斜面防災において、屋外環境下における定常的な遠隔地の広域観測の必要性が高まっており、計測センサおよび無線モジュールを組み合わせた端末を多数設置することで、多点計測の実現が期待される。そのためには消費電力の抑制や太陽光などによる自立電源や安定した無線通信を要する。

ここでは、佐世保市内の安定型廃棄物処分場跡地の力学的安定性が懸念された箇所において、SIP 技術「多点傾斜変位と土壤水分の常時監視による斜面崩壊早期警報システムの研究開発(中央開発株)」と、別途長崎大学のグループが開発を進める地下水位や土壤水分率に着目したモニタリングシステムを併設した観測事例を紹介する。

本事例で活用した SIP 技術について

中央開発株(研究代表者:王林氏)が提案する SIP 技術は、斜面崩壊前の予兆現象を効率よくかつ的確に把握するため、安価な傾斜センサを活用した多点計測システムであり、より低コストで設置が簡単な傾斜センサによる多点計測の低コスト化を実現し、多点計測により得られる斜面の面的な変状分布から安定かつ高精度の斜面崩壊早期警報システムの構築を実現することを目標としたものである。図-1に示すように斜面表層に設置するセンサモジュールに「二軸傾斜計(X・Y)」を、地上に設置する無線モジュールに「転倒即時検知機

能(三軸傾斜計)」を内蔵している。前者は2軸方向の傾斜角度を常時計測するモジュールであるのに対し、後者は突発的で大きな傾斜変化時にのみ即時検知し作動するモジュールである。そのため、警報装置と接続することで、早期警戒および避難の実現が可能である。平成29年6月に後述する対象斜面へのシステム構築(図-2、図-3)とモニタリングを実施しており、平成30年9月現在まで約1年3か月の間、特段の支障なく安定運用に至っている。

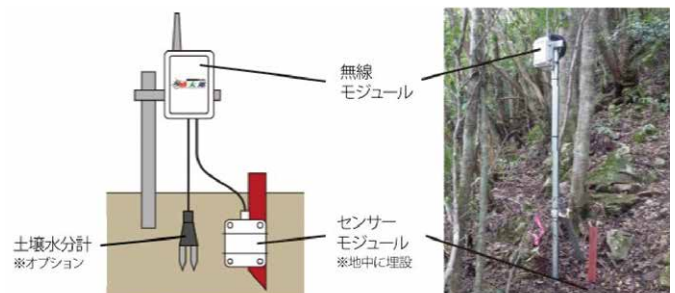


図-1 システムの設置イメージ

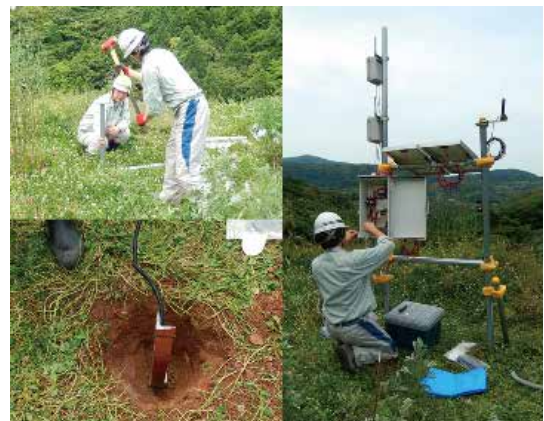


図-2 現地への設置状況



図-3 センサ敷設位置と傾斜計の方向



図-4 長崎大学の開発システムの構成

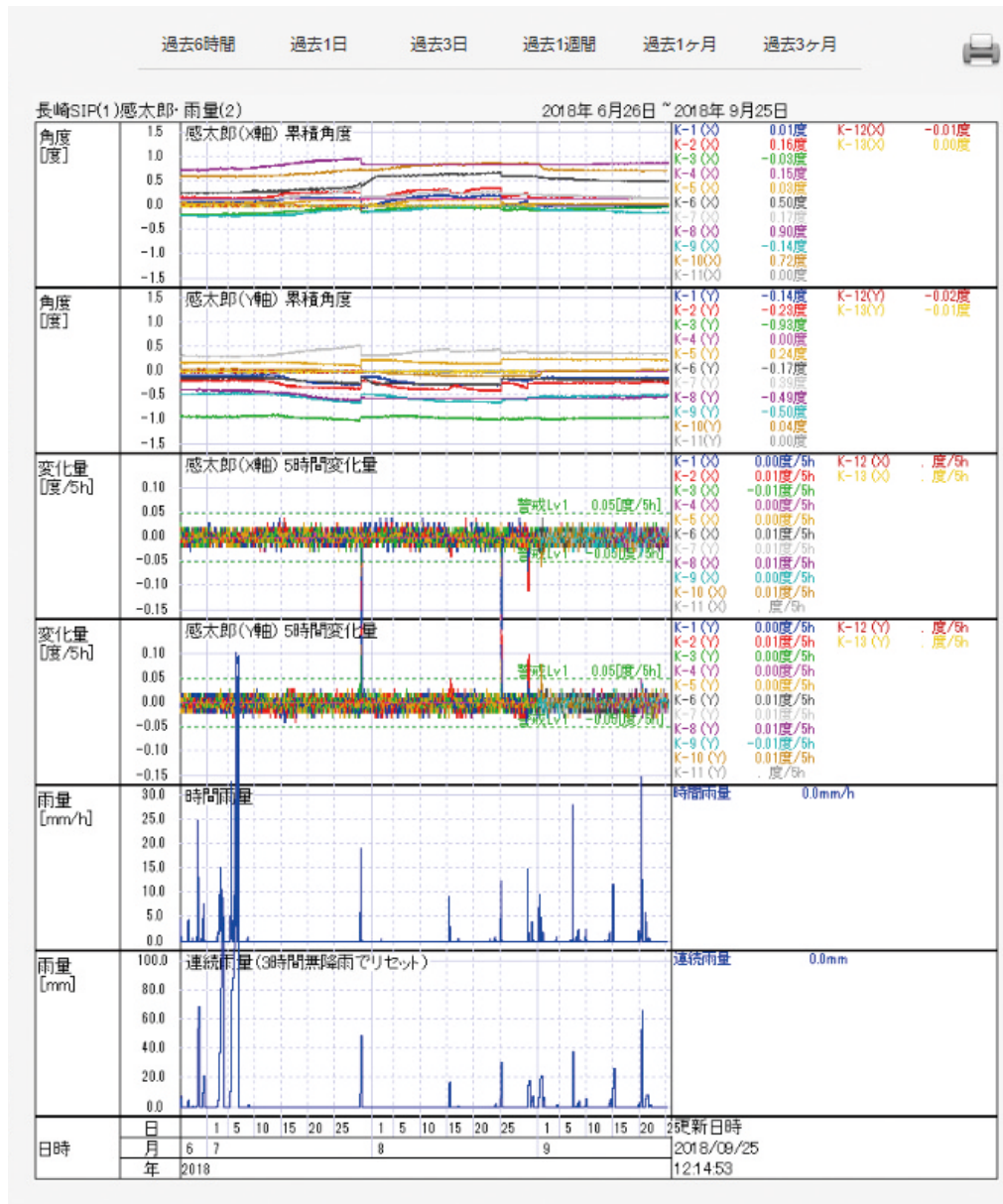


図-5 遠隔自動観測システムの表示例

長崎大学発の技術について

長崎大学では、約2年前から安定型廃棄物処分場跡地の斜面を対象とした地下水水位ならびに表層

の土壌水分率の変化に着目したモニタリングを行っている。対象斜面は、地表面付近に土砂主体の産業廃棄物、その下に崖錐堆積物、基盤岩で構成され、約3年前に大雨を原因とする変状が生じた。そのため、土砂の切り返しによる緩勾配化と覆土

による遮水工を施しているが、現状新たな変状が懸念されている。

当グループで開発したモニタリングシステムは、図-4に示すようにエンドデバイス、ルータ、コーディネータの三つで構成されている。エンドデバイスには土壌水分計、水圧計、転倒マス型雨量計を接続し、斜面表層の土壌水分率の変化、観測孔内の地下水位の変化、現地での降雨量を計測している。これらの出力値を、ルータを経由する無線ネットワークを介しコーディネータに通信する。さらに、マルチホップを利用した無線通信により、複数の通信経路を利用可能なため、システム全体の柔軟性、安定性が向上する。収集したデータはコーディネータに蓄積され、LTE回線を通してブラウザ上で通信状況の確認やデータのダウンロードが可能である。これにより、遠隔モニタリングが行え、センシングデータに基づく対象斜面の力学的安定性の評価が可能となる。各端末にはソーラーパネルと二次電池を接続しており、自立的運用を実現している。

SIP技術と本技術は、それぞれ斜面表層の変状と、斜面内部の雨水浸透や地下水位の変化に着目したモニタリングを行っており、斜面地盤が持つ素因、降雨や周辺地盤から流入する地下水といった誘因と、これらの結果として生ずる地表面の変位について相関性を明らかにすることが、将来的な斜面のモニタリング技術の高度化につながるものと考えている。

■ モニタリングの成果事例

SIP技術によるモニタリングについては、平成30年以降、概ね30～50mm程度の降雨時に微小ながら斜面表層の変状を確認している。観測したデータは、別途開発された双方向遠隔自動観測システムにより蓄積され、図-5のように常時web上で閲覧可能である。加速度センサから得られる2軸方向の累積傾斜角、1時間ないし5時間当たりの傾斜角ならびに現地観測の降雨量が表示され、傾斜角についてはそれぞれ3段階の閾値により警戒レベルの判断が可能である。

長崎大学発の技術によるモニタリングにおいては、総降雨量が比較的多かった平成29年9～10月の観測データ収集および分析を行った。図-6は降雨量に対する斜面下段の土壌水分率と地下水位の関係を示す。降雨時には、晴天時23～24%である土壌水分率が約5%前後上昇することを確認した。また、時間別降雨量が10mm/hを超えると3m以上の地下水位の上昇が生じ、降雨強度が小さい場合でも長時間降雨が続くと同程度の地下水位の上昇を確認した。

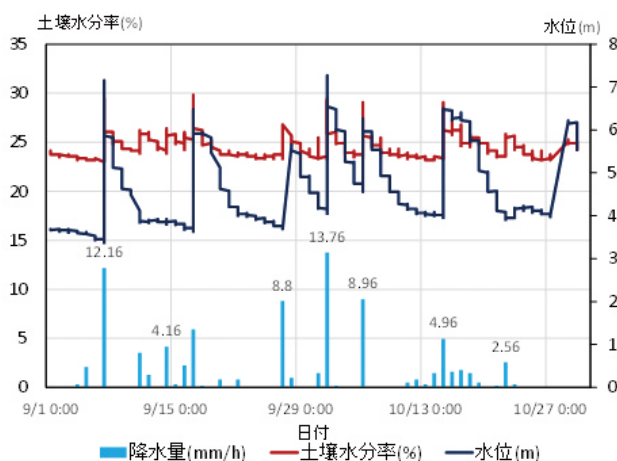


図-6 降雨量・土壌水分率・地下水位の計測例

現状は、平成30年上期に取得したデータを中心に分析中であるため、具体的なコラボレーションの成果を得るには至っていないが、今後、斜面の安定性評価のための地盤のモデル化を行う上で、素因となる地盤の物理量はもとより、誘因となる水位変化の当該斜面の傾向を観測データから明らかにし、これをフィードバックした数値シミュレーションを行うことによって、個々の斜面の安定性評価の高度化につながるものが期待される。また、SIP技術の変状量の閾値決定にも有用となるものと考えている。

【本報告文の連絡先】

杉本 知史 宛

〒852-8521 長崎市文教町1-14

長崎大学大学院 工学研究科

Tel:095-819-2618, Fax:095-819-2627

E-mail:s-sugi@nagasaki-u.ac.jp

モバイルプロフィロメータ (MPM) の北海道中核都市における地域実装と合理的な路面点検



富山 和也

北見工業大学
准教授



三上 修一

北見工業大学
教授

簡易路面評価技術の必要性

近年、社会基盤の劣化や高齢化を背景に、土木構造物の点検とその結果に基づく適切な維持管理が必須となっている。道路舗装においては、平成28年10月に舗装点検要領が制定され、定期的な路面の点検が必須となっている。ここで、点検とは、舗装の現状を把握する行為であり、一定期間ごとに計画的に実施し、その結果を当該舗装の供用期間中保存する必要がある。一方、日本の道路総延長の90%以上は地方公共団体により管理されており、今日の社会基盤に対する投資予算の削減傾向から、簡便で効果的かつ効率的な点検技術の需要が高まりをみせている。特に、北海道は、自動車による交通分担率が高く、また積雪寒冷地域の厳しい気象条件から、利用者評価に直結する路面の点検および維持管理ニーズが高く、簡易な路面評価技術の開発は地域における喫緊の課題となっている。

そこで北見工業大学では、加速度計による簡易な路面計測装置であるモバイルプロフィロメータ (Mobile Profilometer; 以下、MPM) を開発し、北海道の市町村を皮切りにMPMの地域実装を目指し研究を行なった。本報告では以下の活動成果について報告する。

・MPMの概要

- ・北海道オホーツク地域の道路管理者を対象に行った舗装路面の維持管理に関するヒアリングの概要
- ・北海道の地方公共団体が管理する舗装でのMPMの試行
- ・MPMを用いた路面点検に関する地域実装セミナーの概要

MPMの概要

日本では、従来1.5m間隔で計測された想定平坦路面との高低差の標準偏差である平坦性 σ が縦断凹凸の評価指標として広く用いられてきた。しかし最近では、日本国内においても、世界標準の指標であるIRI (International Roughness Index: 国際ラフネス指数) が縦断凹凸の指標として用いられてきており、舗装点検要領においてもIRIが導入されている。

MPMは、任意の車両のバネ上およびバネ下に設置した2つの加速度計から得られた上下加速度データについて、車種および車速依存成分を除去した上で、逆解析や伝達関数により、任意の間隔でIRIを算出する装置である。図-1にMPMの概要と測定原理を示す。本測定原理は、2つの加速度計により、実車両上で2軸4輪車の1輪を模擬したクォーターカー (QC) を再現するため、IRIの計算原理に忠実であり、また、車輪走行軌跡上の平坦

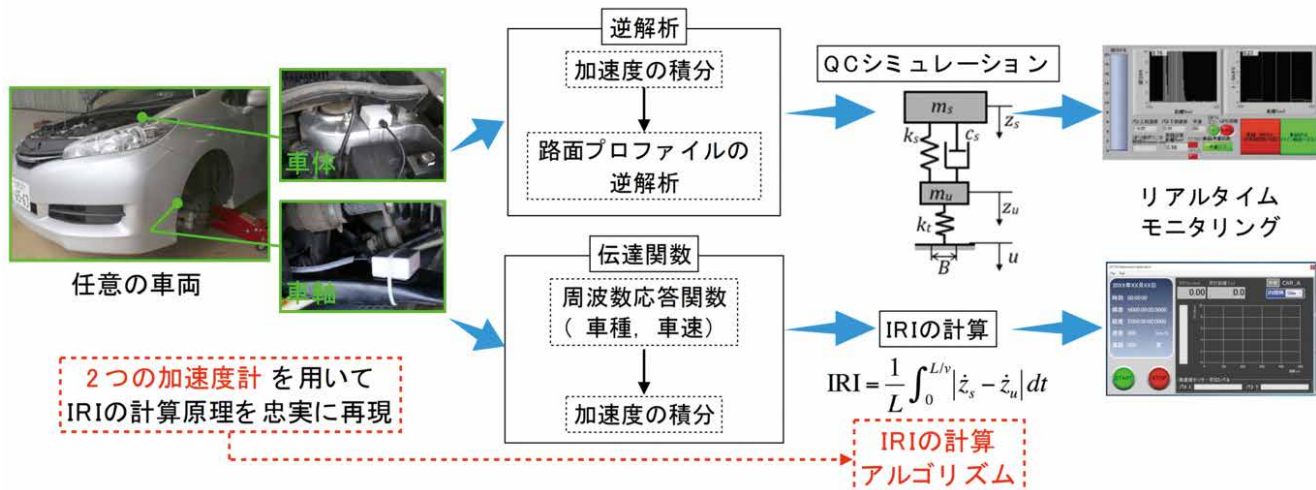


図-1 MPMの概要

表-1 ヒアリング内容

項目	目的
全般	舗装路面の維持管理の現状や問題点等
重視する損傷	維持管理する上で重視する損傷とその理由等
点検について	道路パトロールを含む舗装路面の点検状況
意識	舗装路面を維持管理していく上での計画や課題

性を評価することが可能である。なお、MPMは、IRI算出方法の分類において、クラス2に分類される路面性状測定車と同様の方法であり、同等のIRI測定精度を有することが確認されている。

また、MPMは、汎用のCSVファイル形式でIRIデータおよび位置情報を保存し、走行1kmあたりファイルサイズ1kB程度である。そのため、得られたデータはGIS(地理情報システム)との親和性も高く、デジタル道路地図等と組み合わせ、容易に平坦性のデータベースを構築し経年変化を確認することが可能である。MPMの特徴は以下の通りである。

- ・測定原理に忠実(QC再現、車輪軌跡上)
- ・リアルタイムに測定
- ・コンパクト
- ・シンプル
- ・実勢速度での測定
- ・気象条件に左右されない
- ・任意の車両で使用可能
- ・簡単な取り付け
- ・低容量データ
- ・経済的

地方公共団体へのヒアリング調査

筆者らは研究活動の一環として、2017年4月に、北海道オホーツク地域の2地方公共団体へ、舗装の維持管理に関するヒアリング調査を行なった。ヒアリング項目を表-1に示す。

ヒアリングの結果¹⁾、いずれの自治体においても高頻度に道路パトロールを実施し路面の点検を行なっており、舗装の維持管理に対する高い意識が確認できた。一方、点検によって得られるデータは目視による定性的なものであり、個人差や専門技術者不足の問題が生じている。そのため、特に重要路線においては、補修実施の根拠としても定量的なデータの保有を希望していることがわかった。また、重視する損傷としては、ひび割れやポットホールであるが、道路利用者からの要望である乗り心地や地盤振動への対応が必須となっている。

以上より、路面の点検および維持管理ニーズが高く、簡易な路面評価技術の開発が地方公共団体において必要かつ重要であり、また喫緊の課題となっていることが明らかとなった。

MPMの地域実装

図-2および図-3は、研究期間中、道路管理者およびコンサルタント会社の協力を得てMPMによる路面点検を試行した際の様子である。MPMにより得られるIRI測定結果は、汎用のCSV形式で保存されるため、図-4に示す通り、GISを用いて容易に可視化することができる。図中に示され

たデータは、1日の測定で得られたものであり、メーカー色は点検要領の診断区分に対応している。

また、MPMは、乾燥路面のみならず、レーザー変位計による計測では困難な、湿潤や凍結、積雪路面においてもIRIを測定可能である。この特徴は、特に積雪寒冷地域における除雪管理などに貢献するものと期待できる。図-5は、MPMにより積雪路面のIRIを計測した事例である。



図-2 北見市での試行



図-3 千歳市での試行

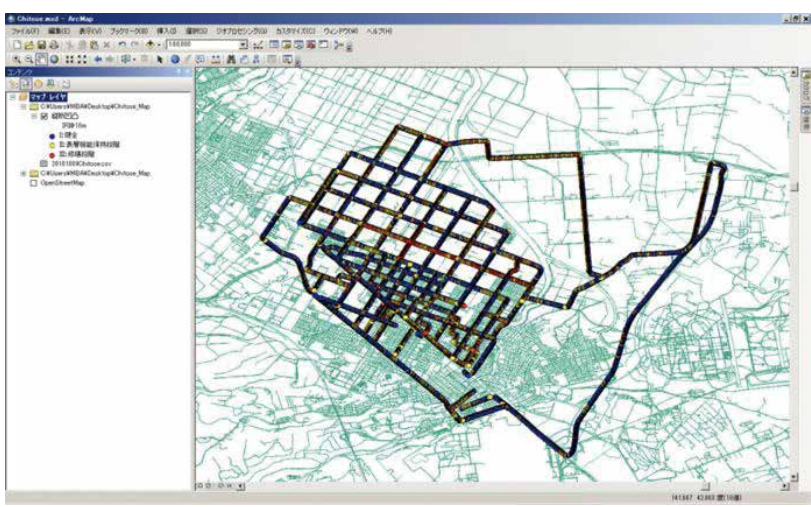


図-4 GISを用いたデータの可視化と整理

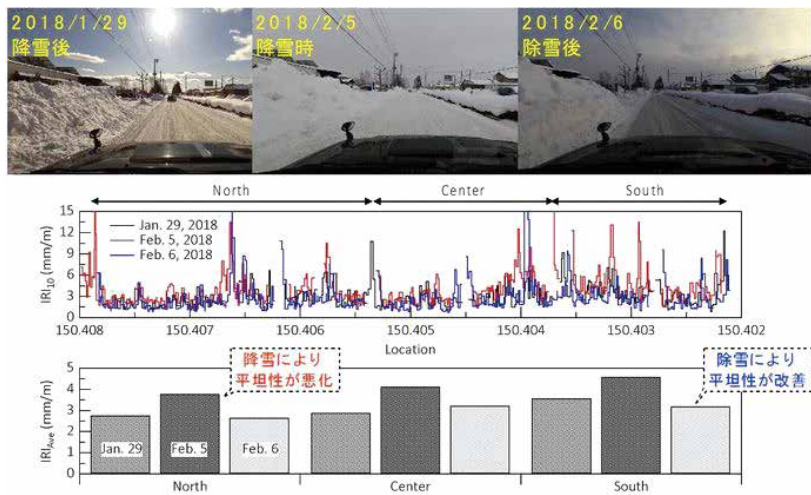


図-5 積雪路面における適用事例



(a) 北見市での講習会の様子



(b) 北見市でのデモンストレーションの様子



(c) 千歳市での講習会の様子



(d) 千歳市でのデモンストレーションの様子

図-6 地域実装セミナーの様子

路面点検の地域実装セミナー

本研究チームでは、MPMを用いた路面点検技術の普及と理解を深めるため、札幌市、北見市、千歳市において地域実装セミナーを開催した。図-6は北見市および千歳市で実施した時の様子である。セミナーでは、合理的な路面点検方法に関する講習会に加え、MPMのデモンストレーションを行なった。また、セミナーには道路管理者のみならず地元建設会社やコンサルタント会社の参加を得て、MPMの地域実装に関する様々な意見が寄せられた。その一例を以下に示す。

- ・管理する道路延長が長く、路面性状の目視による判断には無理がある。
- ・MPMは道路利用者への説明責任を果たす上で非常に有効である。
- ・MPMは非常に有効な手法であり、試行を体験できて良かった。

- ・データの蓄積で性状変化が把握でき、劣化進行程度を把握できるところが良い。車線ごとに把握できればもっと良い。
- ・計測技術の開発例を集めているので参考になった。
- ・道路パトロールカーに搭載すると、日常巡回しながらデータの蓄積が可能。
- ・国や道が先行して導入すると、市町村もわかりやすい。

【参考文献】

- 1) 富山和也、川村 彰、三上修一:道東における舗装路面の管理実態とモバイルプロフィロメータ(MPM)の地域実装、土木学会北海道支部論文報告集、Vol.74, E-30, 2018

【本報告文の連絡先】

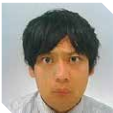
富山 和也 宛
〒090-8507 北海道北見市公園町165番地
北見工業大学 工学部
地域未来デザイン工学科 社会インフラ工学コース
Tel/Fax:0157-26-9496
E-mail:tomiya@mail.kitami-it.ac.jp

CalSok を活用した河川堤防法面のモニタリング ～地域実装支援により高度化する点検技術～



白井 正孝

朝日航洋(株)
プロジェクトリーダー



関 晃伸

朝日航洋(株)
アシスタントプロデューサー



羽田野 英明

岐阜大学
客員教授

インフラメンテナンスを取り巻く状況

インフラの老朽化に伴う維持管理の方法として、ロボットやセンサなどの新技術の導入と活用が期待されている。国土交通省が2014年に実施した「社会インフラへのモニタリング技術の活用推進に関する技術研究開発に係る公募」では、計測から分析までを組み合わせたモニタリング技術の開発が求められた。

その中の河川堤防分野において、「河川堤防を効率的にモニタリングする技術」の採択を受け、内閣府「戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)」の助成のもと、2014年～2016年までに開発した技術が「大型除草機械によるモグラ(小動物)穴の面的検出システム(以下、CalSok)」である。

一方、開発した技術を地域実装するために設立されたのが地域実装支援チームであり、全国8ブロックより拠点となる大学を選定している。

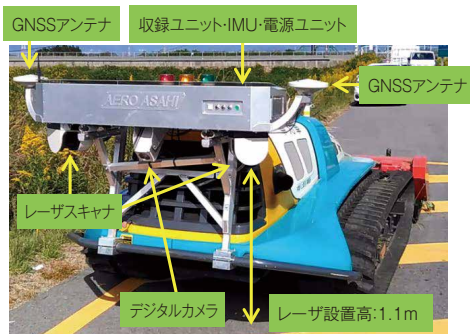


図-1 CalSok

朝日航洋は、その拠点の一つである岐阜大学(岐阜大学SIPプロジェクト)および国土交通省木曽川上流河川事務所と連携し、地域への実装を目的とし、揖斐川においてCalSokの有効性について検証した。以下にその結果を報告する。

CalSok とは

CalSokとは、大型除草機械の後部に簡単に脱着することができ、除草・集草作業と同時に法面の地盤形状を計測することを目的として開発した計測システムである。計測システムは、電源ユニット・データ収録ユニット、レーザスキャナ(2基)、デジタルカメラ、GNSS/IMUで構成されている。大きな特長は、除草・集草直後の堤防法面を至近距離から計測することで、高密度の点群データを取得できる点にある。本システムでは、モグラ(小動物)穴、侵食(ガリ)等のミクロの変状から、はらみ出し、寺勾配※等のマクロの変状まで、幅広い

表-1 センサ性能

センサ	項目	スペック
レーザスキャナ	発射点数※2台	57,000点/秒
	計測可能距離	0.7m～80m
	照射角度	190度
	反射強度データ	取得可
	台数	2台
デジタルカメラ	画素数	1.9Mpixel × 1台
GNSS/IMU	位置精度	2～5cm
	Roll,Pitch精度	0.025度
	Heading精度	0.08度

表-2 全体性能

項目	スペック
全重量	45kg (計測機器:35kg、マウント:10kg)
消費電力	120W
点密度	約10,000点/m ²
オルソ解像度	1mm
位置精度	水平:8cm、標高:15cm
データ容量	約15GB/hour

表-3 これまでの主な経緯

年度	内容
2014~2016年	内閣府「戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)」助成における研究開発(阿賀川)
2017年	SIP地域実装支援チームとの連携による揖斐川における2時期(6月、10月)での試行導入
	円山川における2時期(6月、11月)での試行導入 国土交通省国土技術政策総合研究所より業務受託
2018年	NETIS登録(7月、NETIS番号:KT-180041-A)
	SIP地域実装支援チームとの連携による揖斐川における2年目(10月)での試行導入
	円山川における2年目(6月、11月)での試行導入 公益財団法人 河川財団より業務受託

変状の検出を目的としている。大型除草機械の後部に装着したCalSokを図-1、センサ性能を表-1、全体性能を表-2に示す。

※はらみ出し・寺勾配¹⁾

堤体の自重による圧密沈下や飽和度の高い堤体の変形などによって生じる法面の凸面状の変形。「はらみ出し」の上部は凹面状の「寺勾配」になる。

CalSokのこれまでの主な経緯

CalSokの研究開発から試行的導入および業務受託に至るこれまでの主な経緯を表-3に示す。

揖斐川では、2017年6月、11月に変状が多い区間として43.4~43.6kp(右岸、川裏のみ。以下、モニタリング区間)を選定した。また2018年10月では、2時期の比較検証を目的として、2017年と同区間の計測を実施すると共に、重要水防箇所(42.2~42.6kp 右岸、川裏のみ)での有効性検証を目的として、計2区間を対象に計測を実施した。計測位



図-2 試行的導入における計測区間

置図を図-2に示す。

揖斐川における計測

2017年の揖斐川での計測が、CalSokの社会実装への第一歩となったが、想定外の計測機器の故障が発生した。原因としては、検証フィールドでの使用環境下とは異なり、連日の除草・集草作業に伴う計測であったため、これまで確認できなかった除草機械本体の振動による計測機器への影響が明らかとなった。そこで課題を解決すべく、架台と計測システムに対する振動軽減対策を行った。

その結果、2018年6月の円山川での計測および10月の揖斐川の計測では、いずれもほぼ故障は発生することなく、安定した計測が可能となった。

また2018年度は、出水後の時期のみの計測ではあるが、前述した目的以外に、除草・集草時の計測による地盤形状の比較検証を行うため、除草・集草作業において計測を実施した。

除草作業時(図-3)では、刈った直後の草がそのまま法面上に残った状態で計測することになるが、集草作業時(図-4)では、刈草を前方のアタッチメントで両側に除けながら計測するため、刈草の影響を極力軽減した状態で計測することができる。

フィルタリング処理

計測後、図-5に示すフローに従ってデータ解析を実施する。具体的には、計測データから三次



図-3 除草作業時の計測状況



図-4 集草作業時の計測状況

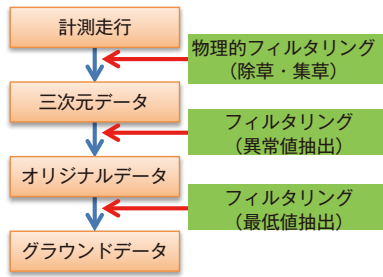


図-5 フィルタリング処理フロー

元データを作成後、周囲と比較して極端に標高が低い点、周囲の植生等の影響を除去し、オリジナルデータを作成する。またオリジナルデータに対しては、一定のメッシュ間隔で自動フィルタリング処理を行い、刈草の影響を極力除去し、地盤形状データ(グラウンドデータ)を作成する。

自動フィルタリング処理時におけるパラメータとしては、1回の走行で得られる計測データの幅(以下、刈幅)とメッシュ間隔が重要となる。これまでの試行計測のデータに対して処理した結果より、現時点の最適なパラメータ値は、刈幅を5m(除草機が通過する範囲は約1.85m)、メッシュ間隔を5cmとした場合が最も刈草の影響を軽減できることが分かっている。そこで今回の除草・集草後のデータそれぞれに対し、上記パラメータを設定の上、フィルタリング処理を実施した。

■ 陰影図による比較

除草・集草後のデータを比較するため、データの凹凸を明瞭に表現することが可能な陰影図を作成した。除草・集草後の陰影図を図-6、7に示す。

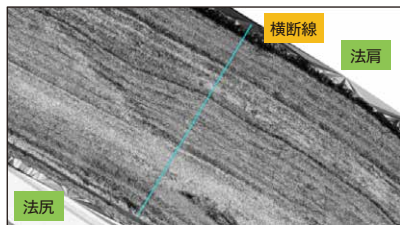


図-6 除草時の計測データによる陰影図

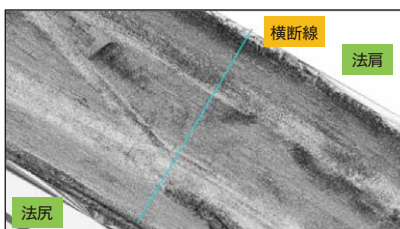


図-7 集草時の計測データによる陰影図

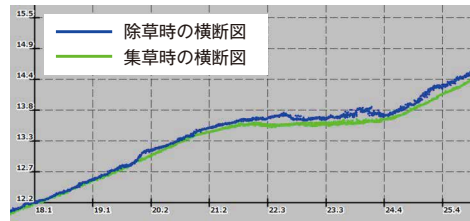


図-8 横断面における除草・集草時のデータ比較

除草作業時の計測データ(図-6)には、刈草の影響が残ってしまうが、集草作業時の計測データ(図-7)には、刈草の影響が極力軽減されている。

また図-8は、図-6、7の横断線に沿って作成した横断データの比較であるが、除草後のデータには刈草による凹凸が明瞭であり、最終的なデータ品質にも影響があることが分かる。

陰影図は、一般的に広く使用されており、CalSokによる計測結果も視覚的に分かりやすく表現できることから、標準的に作成する一つの画像データとして位置付けている。

陰影図が変状を詳細に捉えている事例として、2017年6月の計測データから作成した陰影図を図-9に示す。図に示すように、計測時に確認されたモグラ塚の状況が明瞭に表現されているのが分かる。このように、陰影図は特に法面上の侵食(ガリ)、小動物の穴など、ミクロの変状を捉えるのに適した画像データであることが分かる。

■ 繰返し段彩図による変状箇所の把握

変状箇所を把握する別の表現として、繰返し段彩図の活用も有効である。2018年10月の集草時に計測した重要水防箇所のデータから作成した繰返し段彩図の一部を図-10に示す。図より、はらみ出しと思われる変状があることが分かる。この変状が河川カルテに記載されるべき変状かどうかは別としても、今後、定期的に計測を行い、変

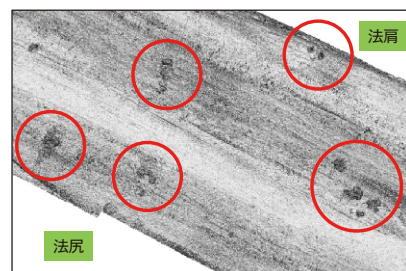


図-9 陰影図上に明瞭に表現されたモグラ塚

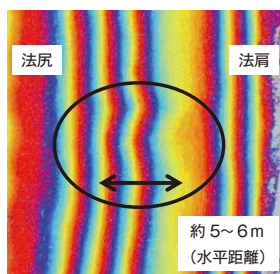


図-10 繰り返し段彩図による堤防変状の把握

状の進行度をモニタリングする必要性は十分にあると考える。

このように現地でも目視で確認することが困難なマクロ変状(はらみ出し、寺勾配等)も繰り返し段彩図を利用することで容易に確認することが可能となる。

変状の進行度を可視化

堤防法面における変状の進行度を把握するには、標高差に応じて色分けする段彩図が有効である。そこでモニタリング区間における今年度と昨年度の差分から作成した堤防差分図を図-11に示す。

この1年間で特に大きな変化は確認できなかったが(図-11)、変化の有無を段彩図から容易に把握することができる。従って、堤防差分図による確認には有効性があると判断することができる。

自動処理による変状箇所抽出の高度化

表現方法の工夫による堤防変状の確認だけでなく、変状箇所抽出の高度化として、変状種別・規模に応じて設定したパラメータ制御による自動処理手法を考案した。これまでの試行計測のデータからパラメータ値を設定し、自動抽出処理を繰り返し検証した。その結果、現時点では、一定の成果は得られているものの、細かい変状まで抽出するた

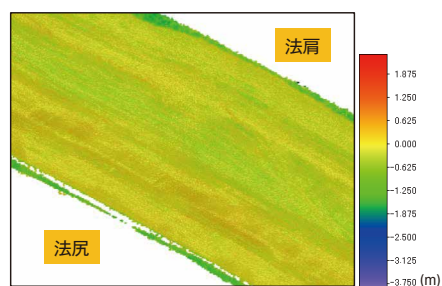


図-11 堤防差分図による変状進行度の把握

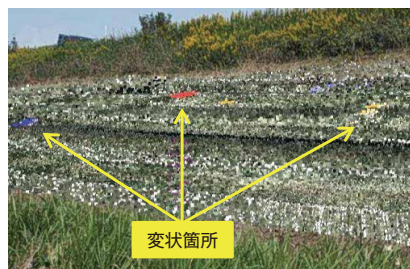


図-12 スマートフォンのカメラ上の点群データ

め、重要な変状が分かりにくい、またはある河川で設定したパラメータ値が、他の河川でも適用できるかどうか等、検証すべき課題も多いことから、今後も検証を継続する必要がある。

AR技術によるデータ利用の高度化

現地での変状箇所を容易に特定するため、朝日航洋で独自に開発したAR技術(特許出願中)によるデータ利用の高度化にも取り組んでいる。

スマートフォンまたはタブレットのカメラ画像上に、変状ごとの色付き点群データを表示することで、現地における変状箇所把握の有効性について検証中である(図-12)。

今後の展望

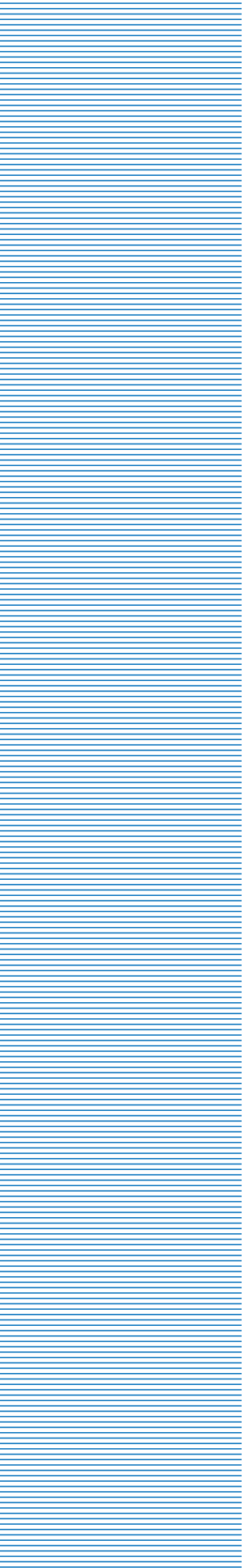
揖斐川におけるCalSokの公開フィールド試験等では、多くのご意見を頂いた。特に将来的な防災・減災へ貢献できるデータを見据え、重要水防箇所等の計測を行い、アーカイブとしてデータを蓄積し、必要に応じて解析を行うといった、今後の方向性についても貴重なご意見を頂いた。多くの方々に活用して頂けるよう、今後も普及に向けて取り組む所存である。

【参考文献】

- 1) 河川維持管理技術講習会テキスト[基本編]、一般財団法人 河川技術者教育振興機構編集・発行、2018年6月、p.50

【本報告文の連絡先】

白井 正孝 宛
〒350-1165 埼玉県川越市南台3丁目14番地4
朝日航洋株式会社 商品企画部 商品化推進室
Tel:049-256-7862、Fax:049-246-7299
E-mail:masataka-shirai@aeroasahi.co.jp



地 域



北陸4県における道路橋の 維持管理に関する自治体の課題とニーズ



宮里 心一

金沢工業大学
教授

鳥居 和之

金沢大学
特任教授

深田 宰史

金沢大学
教授

伊藤 始

富山県立大学
教授

鈴木 啓悟

福井大学
准教授

花岡 大伸

金沢工業大学
講師

調査の手順

市町の道路橋における維持管理に関するニーズを整理すべく、北陸4県（新潟〔上越地方に限る〕、富山、石川、福井）の20程度の市町を対象に、ヒアリング調査を実施した。すなわち、これまでの橋梁長寿命化修繕計画による点検状況なども踏まえて、道路橋の維持管理の運用面で困っていることを聞き取った。

具体的な調査内容を説明する。まずは、著者らから市町の道路橋を管理する職員、あるいは市長へ、メールや手紙で連絡し、打合せのアポイントをとった。その結果、返信を頂いた市町へ1~3名の大学・高専の教員が訪問し、本活動の趣旨説明と1回目のヒアリング調査を、1時間30分程度で実施した。初回における調査項目を表-1に示す。

その後、継続的な連携活動に賛同を頂いた市町に対して、2回目の訪問を実施し、各市町が抱える課題を整理した結果を説明しながら、意見交換した。さらに一部の市町へは、3回目の訪問を実施し、北陸地方のコンクリート製道路橋の維持管理（点検→評価→補修・更新）の標準的な手順案や、北陸地方における市町の道路橋の維持管理を有識者が支援する体制案を説明しながら、意見交換した。

表-2に、連携体制が築かれた市町へのヒアリング調査の実績を示す。中には、庁舎でのヒアリ

表-1 初回のヒアリング調査における質問項目

1	職員による橋梁の点検と判断の特徴や課題
2	コンサルタントによる橋梁の点検と判断の特徴や課題（例えば、バラツキの有無など）
3	5年に1回の近接目視点検が財政に及ぼす影響
4	5m未満で、健全かつ交通量の少ない橋梁に対する2巡目の近接目視点検について
5	補修や補強に関する特徴や課題
6	「長寿命化修繕計画」は、効果的に推進され、かつ必要に応じて改善しているか？
7	事後保全から予防保全への移行に関して（何年後に移行しそうか？課題は？）
8	道路橋の維持管理に関する、将来の不安の有無

ング調査の後に、ASRに対する補修を実施したが効果に不安を抱えている橋台の現地視察や、別日にロープアクセスによる点検視察を、引率して頂いた市町もあった。

調査の結果

ヒアリング調査の結果、抱える課題、実情および要望は、市町に拘わらず重複する項目が多数あった。これらを表-3~5に示す。

これらを集約した結果を表-6に示す。なお、ここでの予防保全とは、劣化が目視で確認できる前に、進行を予防することを意味する。

また、工夫しながら維持管理に臨む好例もあっ

表-2 ヒアリング調査の実績

県	市町	人口(人)	面積(km ²)	橋梁数
新潟	上越市	193939	973.8	1146
	糸魚川市	43897	746.2	525
富山	富山市	417760	1241.7	2222
	氷見市	48671	230.6	360
	朝日町	11936	227.4	122
	高岡市	172535	209.6	1200
	射水市	93289	109.4	492
石川	かほく市	34293	64.4	90
	輪島市	26312	426.3	446
	能美市	48934	84.1	252
	白山市	109581	754.9	369
	内灘町	26943	20.3	7
	宝達志水町	12805	111.5	132
	野々市市	55297	13.5	220
	小松市	106905	371	473
	津幡町	37618	110.6	174
	珠洲市	14573	246.9	171
福井	加賀市	67357	350.9	356
	福井市	264344	536.4	1771
	越前町	21021	153.2	225
	鯖江市	68397	84.6	399
	小浜市	29534	233.1	402

2018年10月現在

た。特長的な取組みを次に列挙する。

- (1) 表-6の⑨を踏まえて、足場を使用しないで点検可能な橋梁(全橋梁数の半分程度)に対しては、経費削減のため、コンサルタントへの点検の委託を抑制し、職員が点検する。中には、ジョブローテーションで他課へ移動された職員の支援を受ける場合もある。あるいは、1巡目は点検の専門家であるコンサルタントに委託し、これで参考になるデータベースを作成し、2巡目以降の一部の橋梁に対しては、職員が点検する計画もある。
- (2) 表-6の⑧を踏まえて、任意の1巡における健全度判断の担当は、ひとりの職員に限定し、ば

表-3 課題の整理

原因	課題
費用	多数の橋があると、特に高速道路の跨道橋や鉄道の跨線橋があると、点検費用が膨らむ。その結果、次年度あるいは次巡目の点検費用を確保するため、事後保全のための補修費用さえも捻出しづらい。
	山中にあり代替路は無いが、通行は希少な道路橋を管理対象から外したくても、撤去に対する補助金が充当されない。そのため、一時的な経済的負担は少ない補修を実施し、不要な橋の管理を継続する。
	塩害やASRで上部工の補修が必要な場合、下部工は健全であっても、B活荷重への対応が必要となり、結果的に下部工の更新が必要になる。しかしながら、下部工の更新費は捻出できないため、上部工に対する望ましいレベルの補修も直ぐには実施していない。
支援	道路メンテナンス会議は、点検の実施率の向上や、国土交通省からの通達の周知が目的になっており、点検・評価・補修等の技術的な合理化に資する知見は得られない。
	県が推奨する道路橋データベースへの登録料が高価である。一方で、市町にとって有効なフィードバックは少ない。
計画	100年間以上を対象にLCCを算定し、経済性を比較した例が少ない。そのため、数十年間毎の事後保全の繰返しを試算することになり、数百年間毎の更新費も考慮したシナリオを含む経済性を比較できない。更新費は補修費に比べて高価なので、不確定要素は含んでいても、その影響を検討したい。
措置	劣化・損傷に合った適切な補修方法が分からない。また、補修効果、例えば延命年数が不明である。そこで、NEXCOやJR等の先進事例を知りたい。

表-4 実情の整理

事後保全が多数であり、予防保全は稀少(皆無)である。また、予防保全への将来的な移行の展開を希望するが、現時点では計画できない。
30～40年が経過した橋梁で、特別な対策をしていなくても安全なので、予防保全の必要性を見い出せない。
「1年目に点検で劣化と判定→2年目に補修設計→3年目に補修」では、時間と費用を要する。なお、補修設計と補修の同時発注を試した事例もあった。
田舎度が高いほど、住民や政治家が、新設を重視し、既設管理を軽視する。
県から市への管理替えの道路があると、維持管理費が膨らむ。
高速道路の開通当時(何十年も前)は、跨道橋が多いほど、地元住民の利便性が高まり、生活の快適性が向上すると考えていた。しかしながら今となっては、交通量は少なく、維持管理費が掛かる要因になっている場合もある。
鋼橋の塗装の塗り直しが間に合わない。
上下水道に関しては運転管理と保全管理を包括的民間委託できるが、道路橋に関しては国の補助金を使用しているために困難である。ただし、道路橋の場合、むしろ包括的民間委託すると、高価になる可能性もある。
道路の点検だけでも苦勞しており、上下水道等の点検が課せられると、経済的にも時間的にも不足する。

表-5 要望の整理

対象	要望
計画	2019年度に橋梁長寿命化修繕計画を改定するに際して、参考となるモデルを提供して欲しい。
体制	役所内の土木に関連する課内でジョブローテーションせず、橋梁の維持管理に特化できる専門官を雇いたい。あるいは、他の市町と連携して相談できるセンターを設立して欲しい。
点検	道路の種別（長さ、重要性、用途、形式、第3者影響度などを複合的に鑑みて）によって、近接目視点検の水準を変化させたい。例えば、交通量が多くかつ長くて古い橋では現行の近接目視点検にし、一方で交通量は極めて少なくかつ2mの新しい橋では簡易点検に変えたい。
	足場を必要とする橋梁、河川水位が高い橋梁、あるいはロープアクセスする橋梁に対しては、高機能カメラ、ドローンやラジコンボートなどを用いて、簡易点検したい。もしくは、それらの機器を用いたスクリーニングの上で、部分的に重点的な近接目視点検を実施したい。また、安価で簡易な足場を開発して欲しい。
措置	用水に架かる狭いボックスカルバートを、容易に点検するロボットを開発して欲しい。
	新しい点検方法・補修方法を採用した場合、会計検査の際における対応のアドバイスを受けたい。
	予防保全を目指して計画された中での事後保全を実施する場合、財政の厳しい市町へ、予算的支援を頂きたい。

らつきを低減する。

(3)表-6の⑧を踏まえて、コンサルタントによる健全度評価の結果がⅢあるいはⅢに近い場合に、職員が現地を確認する。

ここで、(1)に対して、長岡工業高等専門学校の井林教授が開発したタブレットを用いた点検方法(図-1参照)を紹介した。その結果、市町の職員は、A)前回の結果と比較しながら現地で点検できるので不安が解消できる、B)役所でタブレットをパソコンへ接続すれば点検結果が作表されるので内業の時間を短縮できる、等のメリットを感じていた。さらに、打合せにおいてデモンストレーションし、一部の市町では今後の導入を積極的に検討することになった。

なお、現時点で予防保全を遂行できている市町は無かったが、一部の市町では事後保全を済ませた後に予防保全へ移行したいとの、明確なビジョンを有していた。また、表-6の⑥については、隣接する市町において早期劣化により困っている実情を説明したところ、予防保全の必要性が理解された。

表-6 市町の課題等に関する集約結果

原因	No.	課題
支援体制	①	道路メンテナンス会議で、技術的な知見を得にくい。
	②	道路橋データベース(DB)への登録料は高価だが、維持管理の合理化に資するフィードバックは少ない。
	③	橋梁長寿命化修繕計画の改定時に参考となるモデルが無い。
計画	④	数十年間毎の事後保全の繰返しを試算することになり、数百年間毎の更新費も考慮したシナリオを含む経済性を比較できない。
	⑤	予防保全への移行を希望するが、現時点では計画できない。
	⑥	約30年間に亘り無対策で供用している現時点でも、全ての橋梁が健全なので、予防保全の必要性を見い出せない。
点検	⑦	重要性や形式などを鑑みて、点検プロセスを変化させられない。
	⑧	コンサルタントによって、健全度の判定結果にばらつきがある。
補修	⑨	全橋梁に対する近接目視のための点検費用を確保しなければならないため、補修費用を捻出しづらい。
	⑩	適切な補修方法とその効果が分からない。

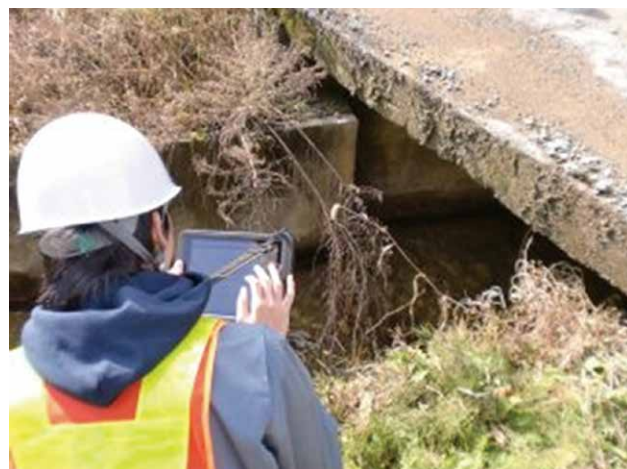


図-1 タブレットを用いた点検

【本報告文の連絡先】

宮里 心一 宛

〒924-0838 石川県白山市八東穂3-1

地域防災環境科学研究所

金沢工業大学工学部環境土木工学科

Tel:076-274-7798, Fax:076-274-7102

E-mail:miyazato@neptune.kanazawa-it.ac.jp

地域において必要な技術的ニーズの炙り出しと技術者の関わり方

國枝 稔

岐阜大学
教授

古澤 栄二

(株)テイコク
次長

牧野 徹

大日コンサルタント(株)
次長

地域のニーズと技術との関わり

本稿では、地域および地域にあるインフラが抱える課題に対して、社会基盤の技術者がどのように関わるべきかを再整理する。

インフラ整備は地域社会のために行っている。この点に鑑みれば、地域のニーズを適切に把握し、それを満足させる必要がある。図-1は、地域のニーズを技術にまでブレイクダウンさせる場合の関連を示した概念図であり、3段階のニーズとそれをつなげる2つのPhaseに分けて考えるとよい。

地域のあり方(ニーズ)は、一般には曖昧なのが特徴であり、また地域住民に具体的なニーズを求めても答えられないという特徴がある。少なくとも、快適で便利な社会インフラを提供して欲しいということがニーズと捉えることができる。

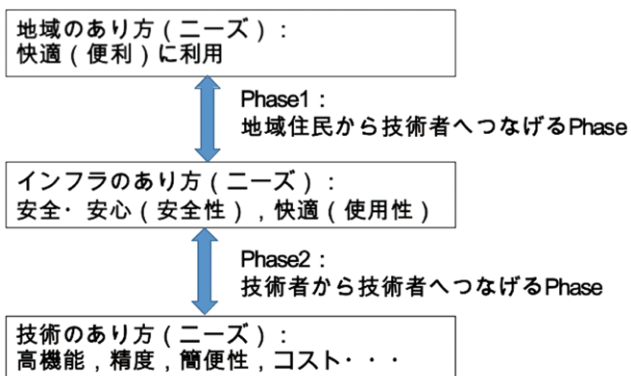


図-1 地域ニーズを技術のあり方につなげるためのPhase

インフラのあり方(ニーズ)は、地域のニーズのレベルでは、安全・安心や快適といった漠然としたものを、インフラの要求性能の形で表現するステージでもある。

技術のあり方(ニーズ)は、まさにインフラへのニーズをインフラ技術のあり方にまでブレイクダウンさせるステージである。個別の技術やシステムなどを扱うステージである。

■ 各ニーズをつなぐ人材と自己満足技術の発生

ここで重要なことは、各ニーズが単独で存在することなく、有機的に結びつくことで地域社会およびそれに携わる土木技術者も満足する技術開発が可能という点にある。

図-2は、地域が必要としている跨道橋に対して、インフラのあり方の側面から、この数の跨道橋が本当に必要かというコンフリクトが生じうる事例であり、地域のニーズとインフラのあり方がうまく結びついていないことを表している事例の1つである。

地域のニーズとインフラのニーズをつなぐ際には、地域住民と技術者とのコミュニケーションが必要である。しかし、先述のとおり、地域住民は漠然としたニーズしか伝えることができない。よって、一般には技術者(発注者や管理者に相当)が、地域のニーズを具現化している現状にある。



図-2 地域ニーズを重要視した跨道橋の例

インフラのあり方と技術のあり方をつなぐPhase2では、関係する技術者同士のコミュニケーションが必要である。構造物の性能を考え、それを満足させるための技術のあり方について提示する。技術者が自分たちの考える範囲でのみ技術を考え、本来求められる技術開発が行われない場合も多い。言い換えれば、技術者の自己満足に基づく技術開発が行われることが多くなるケースといえる。

新設構造物を建設していた時代には、まさに構築する技術が構造物の形となって表現される場合が多く、使用者がその恩恵を実感することができたことから、技術開発が進みやすいという状況にあった。しかし、維持管理が中心になった現時点において、新技術による恩恵が使用者が直接的に受ける(認識する)ことが少なくなり、したがって、社会基盤分野の技術開発があたかも技術者の自己満足と思われるものが多くなっているともいえる。

■ 地域のニーズ～インフラのあり方～ ■ 技術のあり方をつないだ事例

開発した技術がインフラのあり方、さらには地域のニーズにまで接続した場合には、その技術は活用されることになる。以下に、その事例を示す。

近年、甚大な災害が発生しているが、災害発生状況を知るためのドローンによる空撮技術の普及は目ざましい。これは、現況が知りたいという地域のニーズまで技術が接続していることによる。

排水性舗装についても、新技術による効果を使用者が直接体感できる部分も多いことから、その普及が加速化された事例の1つである。

■ 「見える化」による使用者への説明責任とニーズへの接続

インフラの維持管理の時代に突入し、社会基盤の社会に対する貢献が見えにくくなっている現状にある。その中で、社会基盤分野が新技術開発のために適切に予算を獲得するには、使用者への説明責任が必須である。技術者の自己満足のための技術開発に終わっては、社会基盤分野のシュリンクは必然といえる。例えば、生産性向上やコスト削減などを目的とした技術開発も精力的に行われているが、使用者にとってどのようなメリットがあるのかまで接続していない技術開発(プロセス)は、普及しにくいといえる。

コンクリート構造物の補修・補強を例にとれば、一般には施工が完了した構造物をみて補修・補強されたということを使用者が認識することは少ない。せいぜい、施工期間の交通規制や足場をみて、何かしていると感じる程度である。

■ 技術者の人材育成の重要性

以上より、地域のニーズ、インフラのあり方、技術のあり方を上手く繋ぐことで、世の中の役に立つ技術開発が可能である。先述のとおり、その橋渡しをするのが技術者であることに鑑みれば、技術者の育成が不可欠であることが伺える。とりわけ、ある特定の専門能力だけでなく、周辺分野の知識、コミュニケーション能力なども求められており、岐阜大学メンテナンスエキスパート(ME)養成講座が果たす役割は大きいといえる。

【本報告文の連絡先】

國枝 稔 宛

〒501-1193 岐阜市柳戸1-1

岐阜大学工学部社会基盤工学科

Tel/Fax:058-293-2410

E-mail:kunieda@gifu-u.ac.jp

■ 産学官連携による橋梁メンテナンス統合 ■ データベースシステムの構築と自治体への導入支援



久田 真

東北大学
教授

■ 導入の背景

2012年12月に笹子トンネルで崩落事故が発生して以来、インフラの老朽化への対応は喫緊の課題となった。しかし、地方自治体では膨大なインフラ管理ストックを抱えているにも拘わらず、その対策については立ち遅れていると言わざるを得ない。山形県を例にすると、県内に敷設されている道路橋は9,410橋(国土交通省や東日本高速道路株式会社(以下、NEXCO東日本)の管理する橋梁も含む)である。このうち、地方公共団体である山形県ならびに同県内の全35市町村が管理する橋梁は約8,200橋となっており、そのうちさらに、山形県が直轄して管理している橋梁を除いた市町村が管理する橋梁は約5,800橋である。

山形県と35市町村は、すでに1万件にも及ぶ橋梁の点検データを蓄積しており、これからも年間1,600件ずつ増加していくことが予想されている。しかしながら、既往の管理データは、電子データといえどもファイル形式や解像度などが不統一なため、寿命予測や修繕判断に有効利用するための情報基盤等は整備されておらず、既存のデータを利活用したインフラ維持管理の効率化へ向けた体制は確立されていない状況にあった。

また、近年、各地方で頻発する自然災害への対応に追われ、地方行政においては、既存のインフ

ラ施設への対策は後回しになってしまうケースが多く見受けられ、地方自治体は時間、予算、人員、技術力において多くの課題を抱えているのが現状である。

■ 東北大学の取組み

インフラ維持管理に関して様々な問題を抱える地方自治体への支援対策として、2013年12月、国土交通省東北地方整備局と東北大学は、インフラ維持管理に関する連携協定を締結した。これに基づき、2014年1月、東北大学にインフラ・マネジメント研究センター(以下、東北大学IMC)を設立し、地方自治体へのインフラ維持管理に関する技術的な支援、当該分野の人材育成、劣化のメカニズムの解明などの調査研究を進めてきた。また、東北大学IMCは、NEXCO東日本、山形県県土整備部、公益財団法人宮城県建設センター、仙台市などの地方自治体と協定を締結し、地域におけるインフラ維持管理に関する活動を強化・推進している。

■ 自治体向けインフラ維持管理 ■ データベースシステム

東北大学IMCは、“SIP”で採択された「高度なインフラ・マネジメントを実現する多種多様なデータの処理・蓄積・解析・応用技術の開発(代表者:上田功、東日本高速道路(株))」の成果を活用し、これ

を山形県県土整備部、公益財団法人山形県建設技術センターとの産学官共同で、山形県仕様カスタマイズした。そこに山形県と同県市町村が管理する橋梁の維持管理データを導入し、データベース(以下、DB)システムを構築、導入、運用している(図-1)。これにより、山形県と県内全35市町村の道路橋の点検・診断・補修履歴を一元管理するメンテナンスサイクルの情報DBを構築した。DB導入により、将来予測される老朽化対策についても評価・診断の効率化～補修・予算計画の適正化を行うことができ、管理橋梁を多く抱える地方自治体に有効なDBシステムとなった。

■自治体向けインフラ維持管理 ■DBシステムの発展

山形県でのDBシステムをモデルケースとした情報基盤DBとその運用方法に関する知見を活用

し、公益社団法人宮城県建設センターへのDBの導入・運用開始、また仙台市へのDBの導入が決定している。さらに、東北地方以外の地域への展開も始まっている(図-1)。引き続き、自治体の実状に即した現場ニーズの高いアプリケーションの開発・運用を行いたい。

■参画機関からのコメント

山形県県土整備部

ODBMY*の開発目的

山形県では、2007年度に橋梁長寿命化修繕計画を策定し、「予防保全型管理」による橋梁の老朽化対策を進めている。対策を進める上で特に重要なのは、これまでの損傷事例や補修事例などの成果や課題といったメンテナンスサイクルのデータ

橋梁点検データを一元管理！時短！経済的な点検に！

点検診断の高度化・効率化、補修計画・予算管理の適正化を実現

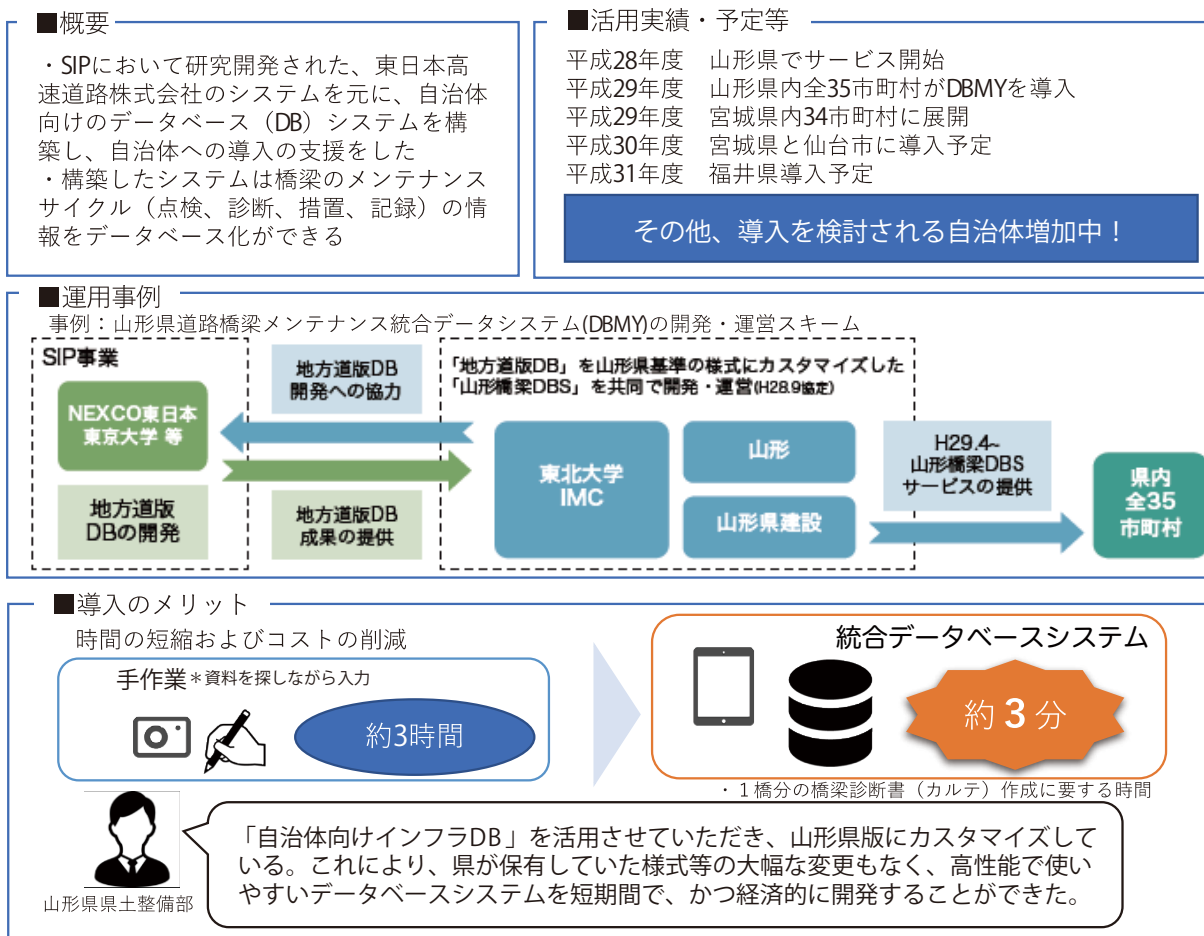


図-1 橋梁メンテナンス統合データベースシステム

* DBMY(Integrated Database System of Bridge Maintenance,Yamagata Pref.)

をきちんと整理して、将来のより精度が高く、コストの安い対策に繋げる事である。一方、県内市町村にあっては、管理橋梁数が膨大であるうえ、予算不足や人員不足、技術系職員不在等、県以上に厳しい状況にあり、適切な橋梁維持管理体制を確立するため、何らかの支援が必要であると考えられた。「山形県道路橋梁メンテナンス統合データベースシステム(DBMY)」は、このような課題を解決するツールの一つとして、東北大学IMCおよび公益財団法人山形県建設技術センター(YCC)と共同で開発を進め、2016年度に運用を開始した。

○DBMYの機能と効果

DBMYは、橋梁形式や橋長、設計基準などの緒元データと、点検・診断・補修履歴等のメンテナンスデータが橋梁ごとに紐付けされて表示される(図-2)。データベースシステム機能を用いて、これらのデータを損傷の種類や等級、損傷要因と推定される各種条件等で検索・抽出して整理すれば、山形県内の橋梁損傷の特徴や傾向が見えてくるかもしれない。さらに、これまでに行った損傷ごとの補修や再劣化の状況等を検証し整理すれば、より山形県の実情に沿う効果的・効率的な橋梁メンテナンスを確立するための環境が整ってくると思っている。今後、同一の劣化課題を抱える他の地域との連携により、東北地方や北陸地方等、凍結防止剤が散布される積雪寒冷地での統合データベースの運用実績が整ってくると、統一かつ合理的な橋梁の維持管理体制を提案することができるものと、期待されている。

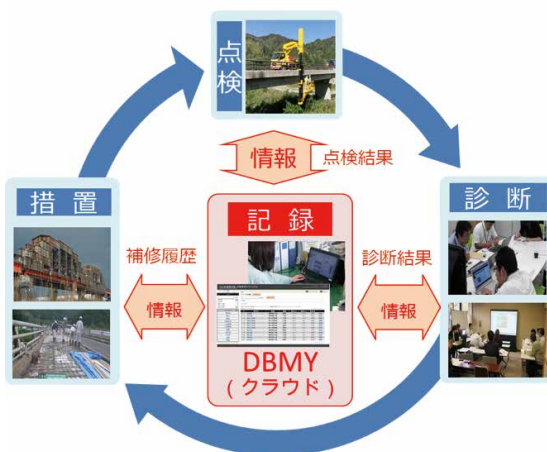


図-2 メンテナンスサイクル

○大学との共同研究

山形県では本年度、東北大学IMCと共同研究を行っている(図-3)。DBMYを用いた損傷傾向の検証等に指導いただきながら、ICT技術やAI、道路メンテナンスの先進的取り組み事例等の情報を提供いただいている。研究を進める中で、DBMYをさらに使いやすくするために装備したい機能や追加したいデータ項目等が出てきており、DBMYの機能強化(バージョンアップ)を図り、また、東北大学IMCが中心となって進めるSIPテーマ「東北インフラ・マネジメント・プラットフォームの構築と展開」とも連携していく。



図-3 山形県と東北大学IMCとの研究打ち合わせ

○今後の取組み

DBMYは単に情報資産を管理するシステムではない。バラバラだった情報を繋いで一元的に管理し、データ共有により東北大学IMC、県、YCC、そして市町村を繋いでいる。市町村も真剣にインフラ維持管理の将来を見据え、県の提案に賛同して一つも欠けることなく、全35市町村がDBMYに参加した。DBMYを活用し、産学官がまさに一体となった総力戦で、山形県インフラメンテナンスの強力な推進力にしていきたい。

■公益社団法人 宮城県建設センター

○大学との共同研究

宮城県では、高度経済成長期に建設されたインフラの高齢化が進む一方で、人口減少が進んでいる。特に東日本大震災による影響で、沿岸部にお

ける人口減少は顕著である。そのため、厳しい財政状況における予算の確保や担い手の確保など、多くの課題に取り組む必要がある。このような現状を踏まえ、インフラのメンテナンスサイクルを効率的に回すために、東北大学IMCと行った「情報技術を活用したインフラ維持管理の効率化に関する研究」の成果について紹介する。

○情報技術の活用

当センターは、インフラ維持管理の一環として、橋梁点検業務を受託してきた。従来の点検では、現場で紙に点検結果を記述し内部データベースに入力していたため、時間が掛かるとともに転記ミスもあった。このため、情報技術を活用することで、作業時間や転記ミスを減らすとともに、外部作業から内部作業を一連化し効率化を図った。

そこで、活用するシステムはSIPの知財を活用した橋梁維持管理データベース(以下、橋梁MD)と、現場点検で利用するタブレット端末で構築した(図-4)。橋梁MDと連携したタブレット端末を組み合わせることで、前回点検写真を画面上で参照しながら同じアングルでの撮影が可能となるため、経年変化や損傷等の状況が把握できる(図-5)。橋梁MDは、タブレット端末から即座に情報が転送されるため、遠隔でも同じ画面を見ながら劣化度合い等の検討やアドバイスも可能となる。これらの運用により、作業の効率化や高度化、成果の向上が見込めるほか、経験の浅い職員でも容易に点検や作業時間短縮が可能になるため、費用の低減等が期待できる。

○宮城県内での取り組み

本システムは、当センターで行う橋梁点検業務で利用するとともに、今後、東北大学IMCからの新技術や専門的アドバイス等を組み込む基盤としても活用する。併せて、県内の自治体に対して、情報技術の活用を含め、維持管理に関する相談や提案等を行う支援体制を構築し、社会資本の老朽化対策に貢献して行く。



図-5 タブレット端末による橋梁点検風景

【参考文献】

東北大学IMC <http://imc-tohoku.org/>

【本報告文の連絡先】

久田 真 宛
〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉6-6-11
東北大学工学研究科インフラ・マネジメント研究センター
Tel:022-721-5503
E-mail:makoto.hisada.b4@tohoku.ac.jp

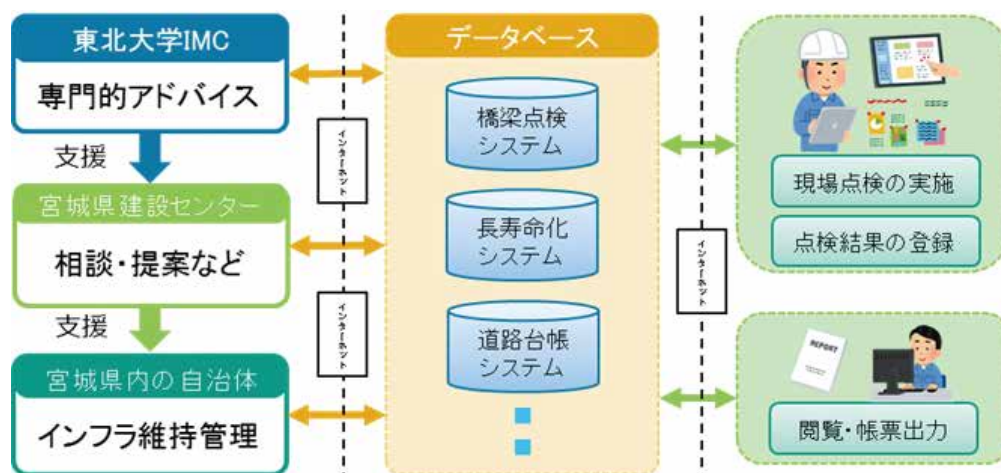


図-4 宮城県建設センターでの点検システム運営概念図

■ 各自治体の実情に応じた ■ アセットマネジメントシステム構築の試み



小澤 一雅

東京大学
教授



千々和 伸浩

東京工業大学
准教授

■ アセットマネジメントシステムの ■ 構築を阻むもの

今日、インフラの維持管理の重要性は、土木に関係するあらゆる技術者にとって広く認識されるに至っている。インフラを健全な状態で次世代に引き継ぐということは、インフラ管理の責務を担う担当技術者であれば誰もが望む状況であろう。

しかしながら現実はそのような理想を許すような状況にはない。実際の現場では、資金不足や技術や情報の不足、実施体制の未整備などが実施の足かせとなり、技術者が描くような形での維持管理はなかなか実現できないのである。いくつかの自治体やインフラ管理者においては、足かせとなった問題を分析し、適切な措置を講じることで維持管理実施体制の構築に成功しており、ひとつの成功事例として世の中に知られつつある。維持管理の難しいところは、このような成功事例がそのまま別の自治体にコピーできないことである。インフラの維持管理は、インフラの種類や量、使用環境、管理技術者の技術水準、維持管理を実施する組織の体制、資金、担い手の問題など、様々な要素が関係するものであり、自治体の置かれている状況によって最適な方策は異なるものになってしまうためである。

このような状況を打開すべく、東京大学SIPプログラム「道路インフラマネジメントサイクルの

展開と国内外への実装を目指した統括的研究」サブプロ3では、維持管理に悩む自治体が抱える問題の根源を分析し、その解決策を提案し、維持管理を実施するための体制構築(ここでは、これをアセットマネジメントシステム構築と呼ぶ)を支援する取り組みを行っており、本稿はその内容を紹介するものである。なお本稿で扱う対象地とは別に、サブプロ3の中では参画研究機関が個別に自治体の支援を行い、成果を共有してきており、東京大学は千葉県内の自治体を対象とした支援を、東京工業大学は東京都特別区の自治体を対象とした支援を、筑波大学は茨城県内の自治体を対象とした支援を行っている。これらについては別の機会に報告したい。

■ モデル事業の実施とその全国展開

本プロジェクトでは、モデル事業を実施する地方自治体を公募し選定すると同時に、モデル事業の支援者(民間事業者)も公募し、事業を推進してきた。図-1に、事業の実施体制を示す。

選定された各地方自治体と公益社団法人土木学会は締結された協定に基づき、それぞれのモデル事業を実施する。実際には土木学会技術推進機構内に設置された「アセットマネジメントシステム実装のための実践研究委員会」が担当し、地方自治体の現状分析やアセットマネジメントシステム

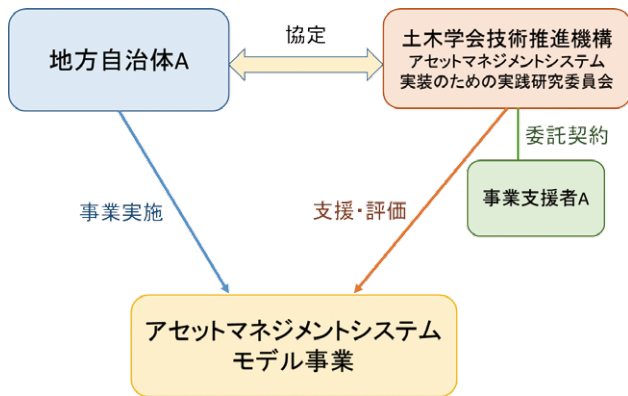


図-1 モデル事業実施体制図

構築のための支援を行うとともに、事例情報を集約・蓄積する。土木学会と事業支援者として契約した民間事業者は、この委員会の指示のもとで、モデル事業推進のための支援を行うこととした。委員会では事業支援者の調査報告や提案に基づき、具体的な支援策について協議し、それを自治体に提案、それを受けた自治体が組織内部でアセットマネジメントシステムの構築を進めていく。システムを構築していく過程において、様々な障壁に直面することになるが、これらの困難を克服する過程が他の自治体におけるアセットマネジメントシステム構築の一助となる。アセットマネジメントシステムを構築するには、自治体が自らの状況を正確に把握し、不足する部分を民間セクターの力を借りて補完する必要がある。この分析や民間セクターのインセンティブを引き出すための契約モデルの構築は、土木学会建設マネジメント委員会で取り纏められた「維持管理・更新等の入札契約ガイドライン～包括的契約の考え方～」を参考にしながら行った。

今回モデル事業で対象としたのは新潟県新潟市、三重県桑名市、東京都町田市、静岡県富士市である。これらの事業は自治体組織の様々な部門に関連するものであり組織全体の改革が必要不可欠であることから、事業を開始するにあたっては、各自治体の首長の了解を得ながら土木学会との間で協定を締結したうえで実施することとした。

今回は実施したモデル事業を継続的に機能させ、さらに全国に展開するために、今回のプロジェクトのために組織した土木学会委員会の機能を、別の土木学会常設委員会に引継ぎ、情報集約・発信

の中核として機能させることを検討している。また民間事業者にはモデル事業の支援で得た知見やノウハウを元として、他の自治体を対象としたアセットマネジメントシステム構築の支援を将来のビジネスとして発展させ、新しい市場として確立させることを期待している。これらの民間支援事業者には設立を検討している土木学会委員会にも参画してもらい、他の民間事業者と最新の取り組みを共有するとともに、問題に対する有効な解決策の議論を通して、支援事業の全国的なレベルアップにつなげていきたいと考えている。

■ 新潟市モデル事業

■ ～膨大な数の橋梁をどう維持管理していくか～

平成17年に大合併した新潟市には、多くの公共施設、インフラ施設があり、管理する橋梁の数は4073橋にのぼる。これらのうち約84%が橋長5m未満の小規模橋梁である一方で、新潟県から移管された長大トラス橋梁などは100mを超えるものも90橋抱えている。橋梁の多くが高度経済成長期に建設されており、今後老朽化した橋梁の割合が急激に増加することが予想されている。

市では早急な「予防保全型」維持管理体制への移行や橋梁更新の前倒しを行うことによって、この老朽化の影響を分散緩和しようとする取り組みを行ってきており、劣化の激しい橋梁に対する対策は着実に進捗しつつあるものの、その一方では、予防保全型への移行計画の進捗は遅れが生じている状況となっていた。予算の問題のみならず、橋梁の多様性、補修修繕業務の効率性、橋梁管理体制、担い手確保の問題等が背景要因である。

状況を打開すべく、新潟市では利害関係者と有識者からなる橋梁アセットマネジメント検討委員会を組織して問題解決の検討を行った。その結果、橋梁をその特性によって3つに大別し、それぞれに合った包括的契約手法を用いることで、課題解決を試みることとなった(表-1)。1つ目は小規模橋梁を対象にした小規模橋梁点検モデルであり、これは複数の15m未満の橋の点検を包括発注することにより、コストを削減し点検者を確保しようとするものである。2つ目は15m以上の大規模

表-1 新潟市橋梁管理モデル

	事後保全脱却モデル	長寿命化推進モデル	小規模橋梁点検モデル
目的/期待効果	①要対策橋梁の補修・修繕スピードアップを実現 ②冬季の補修工事を回避し、施工品質を向上 ③設計-施工間の手戻りを回避 ④包括化によるコストダウンを実現	①細やかな修繕の実施による次世代の引き渡しを確認 ②次世代へ引き渡す橋梁の詳細情報の取得・蓄積 ③長寿命化に資する新技術、新対策手法の検証 ④危険の早期発見と即時補修による安全性の確保 ⑤今後の10年・20年後を見据えたLCC削減を実現	①将来的な点検費用の削減 ②年間の業務量平準化による担い手不足への一助 ③地元企業への委託による人材の育成・確立 ④地形・地物への精通を通じての災害時対策強化
概要	○早急に対策が必要な橋梁を対象 ○複数橋をまとめて、補修設計と補修工事のプロセスを包括 ○複数年契約による委託で、工事時期を最適化	○阿賀野川にかかる長大橋の歴史的価値ある橋梁等を対象 ○年次点検、小規模修繕や維持作業等を包括的に委託 ○新技術や新対策手法等に対する実証フィールド提供	○管理区間4の橋梁を対象 ○通行料の少ない橋梁群を設定 ○エリア単位で新潟市独自の年次点検を包括委託
モデル事業案	○複数橋梁(3~5橋程度) ○設計・工事(端部補強・塗装など) ○複数年(H28末~H30上半期実施、H30下半期検証)	○複数橋梁(2橋程度)○年次点検 ○水洗いなど清掃業務 ○小規模修繕(部分塗料など) ○複数年(H28末~H29上半期検証)	○複数橋梁(H27年に法定点検を実施した橋梁から選定) ○点検手法(タブレットによる点検手法導入) ○複数年(H28末~H29上半期実施、H29下半期検証)

出典「アセットマネジメントシステム実装のための実践研究委員会 平成28年度成果報告書」

橋梁を対象にした事後保全脱却モデルであり、点検や工事について複数年複数橋を包括契約することにより、業務平準化と効率化を目指すというものである。3つ目は長寿命化推進モデルであり、重点橋梁の点検や工事、維持作業をセットとした複数年・複数橋の包括契約である。

平成29年度にはこれらの3つのモデルに基づいた発注が社会実験として本格実施された。結果検証作業から、データと橋梁状況が乖離しており、適切な維持管理に向けたデータベースの見直しの必要性が浮かび上がった他、包括発注による工期の分散がうまく機能せず、改善が必要であることも明らかになった。現在はこれらの反省を踏まえた計画の修正を検討しているところである。

■ 桑名市モデル事業

■ ~街路樹維持管理の効率化と住民の描く地域未来像の融和~

桑名市において対象となったのは、少子高齢化が進む地域における街路樹の維持管理である。対象となる大山田ニュータウンは「自然環境との共生」「緑豊かなまちづくり」をコンセプトとして、高度経済成長期に整備された住宅団地である。しかし年月を経た今日において、街路樹の根上がりや、落葉、剪定といった維持管理が市の財政にとっての大きな負担となりつつあった。そもそも樹木の維持管理は道路やライフライン施設といったインフラに比べれば優先度が低い。加えて桑名市では今後公共施設等の更新に係る予算規模が2/3にまで小さくなっていくことが予想されており、街路樹

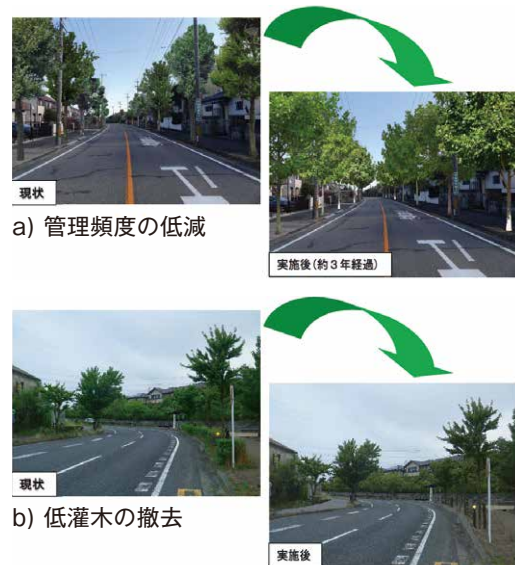


図-2 機能評価による省インフラ対象区間設定とそれに伴う景観変化のイメージ例

(「アセットマネジメントシステム実装のための実践研究委員会 中間 報告書」より)

の維持管理はますます困難になることが予想される。「緑」という分譲コンセプトを維持しつつ、管理費用を低減する方策を見出すことが求められた。

取り組みでは、ニュータウンのうち特に大山田地域を対象とし、まず、道路特性に応じた地域に

おける街路樹の位置付けを明らかにした。この位置付けに基づき、街路樹の維持管理に係る造園業界や住民へのヒアリングを通じて、街路樹の間引きや樹種変更、住民による維持管理の実施を含めた街路樹の配置・維持管理計画を立案した(図-2)。平成29年度にはこの案を基にした住民協議を実施し、団地の未来像と其中であるべき街路樹像について議論を行っている。今後は、街路樹の維持管理について住民理解が得られるよう、計画の具体的実施に向けた調整を進めるとともに、他地区への展開についても検討を行っている。

■ 町田市モデル事業

■ ~自治体職員の手によって管理・修正が可能なインフラ維持管理システムの構築~

町田市は239の橋梁と138kmの幹線・準幹線道路を抱えており、長寿命化修繕計画に基づいてこれらのインフラの維持管理を実施してきた。しかしながら計画実施していく中で、維持修繕計画と実態との乖離が徐々に広がりつつあり、計画と実態が合致した効率的な維持管理体制を構築していくことが課題であった。職員に対するヒアリング調査を行ったところ、現行のシステムは、職員の手によって点検結果等に基づいて計画を修正することが困難なものとなっており、劣化進行予測と実態とのずれや予算縮減等に伴う実施延期等によって、計画と実態との差が生じ、それが累積していく形になっていることが分かった。また自治体職員自身の技術力低下を懸念する声もあり、その維持向上も課題として浮かび上がった。

モデル事業ではこの問題を解決するための方策として新たにツールを整備することとし、職員自身の手によって過去の維持管理結果や劣化予測との整合性を確認しながら、最新の状況に応じ、適切に道路全体の維持管理計画を修正できるシステムの構築を試みた。平成30年には、職員の手で計画修正が可能な管理システムのプロトタイプが完成し、担当部署職員による試行が始まったところにある。計画を合理的に修正してくためには、自治体職員の技術力の維持向上も必要であることが

ら、実習を含めた研修を企画しているところである。本事業で開発したツールは、一般にも活用できる方策を検討している。

■ 富士市モデル事業

■ ~職員意識の改革と関係事業課の連携~

富士市では維持管理の基本方針となる「富士市公共施設マネジメント基本方針」が策定されており、公共建築物についての取り組みは進められていたものの、土木系インフラのマネジメントについては、全庁的な危機感・問題意識が低く、関係課で一体となって取り組んでいく意識や体制が整っていない状況にあった。

モデル事業では関係課が共に富士市のアセットマネジメント推進に関する将来ビジョンや進め方について議論を行う機会を設け、一体的な取り組み推進体制の構築を行うとともに、各事業課が抱える問題の分析とその解決策についての提言を行った。結果として、アセットマネジメント推進に関するロードマップ案がとりまとめられるとともに、包括契約に向けた勉強会や事業課の壁を越えた情報交換会が実施されるなど職員意識の変革が始まり、インフラ全体の維持管理の効率化に向けた取り組みが開始されるに至った状況にある。

■ アセットマネジメントシステムの構築に向けて

本稿で紹介したように維持管理の問題は自治体の特性によって異なり、一般解は存在しない。情報を共有し関係者の意識を高めることは、組織変革の第一歩であり、それがアセットマネジメントシステムの構築につながるものと思われる。平成31年3月8日に最終成果報告会を予定しており、多数の方のご参加を期待している。

【本報告文の連絡先】

千々和 伸浩 宛

〒152-8552 東京都目黒区大岡山2-12-1 緑が丘1号館510号室
東京工業大学 環境・社会理工学院

Tel:03-5734-3767, Fax:03-5734-3577

E-mail:chijiwa@cv.titech.ac.jp

地域が自ら支える水インフラ維持管理:地方自治体と地域の新たな役割分担のかたちとそのための技術



牛島 健

北海道立総合研究機構
主査

地方部における将来の水インフラ管理モデルとしての地域自律管理型水道

人口減少が進む中、利用料金を基本的な収入源としている水インフラの経営は非常に苦しくなっており、老朽施設の更新もままならない状況が現れてきている。特に、人口密度が低く、もともと経営効率の良くなかった地方部において事態は深刻であるが、こうした地域では、維持管理主体である地方自治体自身も財政・人員の両面で縮小化が進んでおり、もはや効率化だけで解決できる状況ではないという現場の声も聴かれる¹⁾。

一方、地方部には、主に1960～70年代頃に敷設され、それ以降、水道利用組合などの地域の主体が自律的に管理を行ってきた100人程度以下の小規模な水道(本稿では地域自律管理型水道と呼ぶ)が存在する。これまで数十年以上にわたり行政にほとんど頼らず維持管理をしてきたという意味で、地域自律管理型水道に学ぶべき点は多い。特に、今後も人口が減り地方自治体も縮小すると予想される地域においては、将来の水インフラ管理形態の1つのモデルになりうるとも考えられる。しかし地域自律管理型水道は、水道法の適用外であるものが多く、地方自治体でもその実態はよく分からない場合が多い¹⁾。

そこで本研究では、北海道の地域自律管理型水道を対象として、主に2つの側面から実践的研究

表-1 地域自律管理型水道に必要な作業と担当者

	管理 組合	水道 工事業者	元・水道 技術者	市町村	地元 重機屋	水質検 査業者	電気屋
地域 水道 の 維持 管理 に 必要 な 事 柄	10						
集金	10						
漏水箇所の特定	4						
工事指揮	2	7	1				
重機提供	2	6			1		
重機操作	3	6					
図面等管理	4			2			
災害対応	1			2			
水質検査						5	
検針	1						
水源清掃	10						
濾過器修理	1	1					
水源までの除雪				1			
資材ストック	2						
工事の手続き	1						
ポンプの修理							1

※小規模水道聞き取り調査を実施した11か所の事例から抽出
※聞き取り調査で確認できたものだけをカウント

に取り組んだ。1つは、既存の地域自律管理型水道の運営実態を調査した上で、地域自律管理型水道の持続性を高めるために、地方自治体を含む地域内外の関係者が実施すべき新たな役割・支援の形を構想し、実証を行い、構想を進化させていくことであった。もう1つの側面は「新技術をどのように地域実装していくのか」という本報告全体のテーマに対して、人口減少と地方自治体の縮小が進み、地域自律管理型のインフラ経営を真剣に考えなければならないような状況での新技術社会実装の考え方を、実際に実装を進めながら検討し、整理することであった。

既存の地域自律管理型水道の長所と短所に学ぶ

北海道内に少なくとも500以上は存在すると考

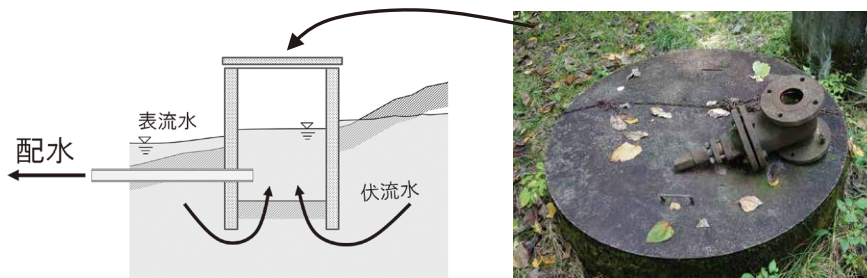


図-1 人工伏流水の水源
 (左:水源の断面模式図、右:水源外観の例。写真のバルブ部品は、故障して外したものを蓋の重しとして再利用しているもの)

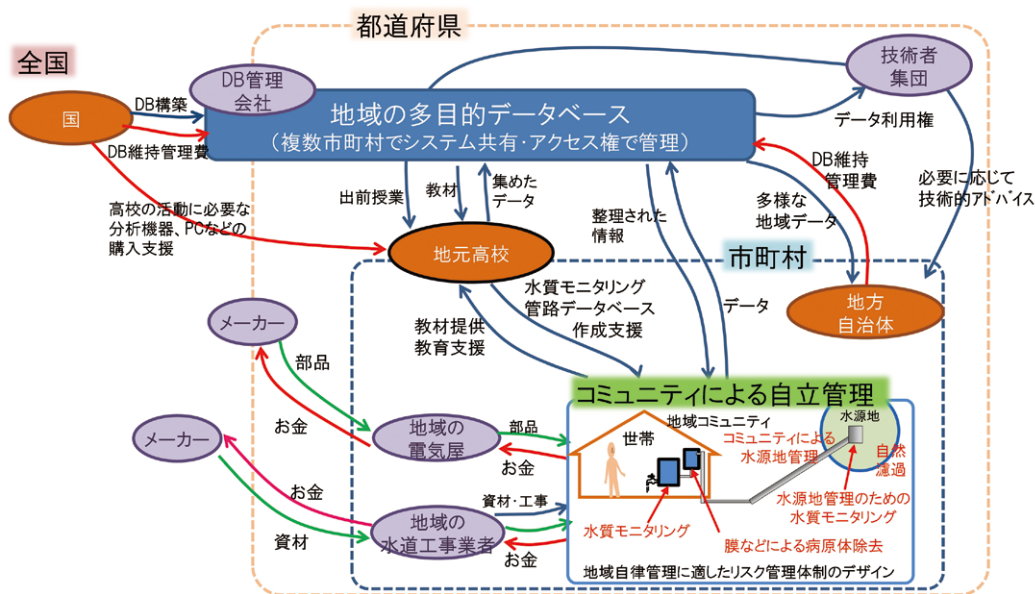


図-2 地域自律管理型水道の強みと弱みに対応した「地域ぐるみの水道管理支援体制」

えられる地域自律管理型水道について、協力を得られた39事例の関係者に聞き取り調査を実施した(詳細は別報²⁾に掲載)。その結果、設置経緯、施設、料金などの面で非常に様々なバリエーションがあることが分かったが、多くのケースに共通する特徴としては、

- ・自分たちの手を動かして管理することで大幅にコストを抑えていること(表-1)、また水道施設自体も、メーター無しの定額料金制、ポンプ無しの重力配水、手間のかからない人工伏流水による浄化(図-1)など、自前での管理に適したシンプルなくみが多く採用されていること
- ・利用者と維持管理主体が一致していることで、自己責任の意識のもとに一時的な断水などの一定の不都合が許容されていること。それにより、予防保全ではなく事後対応が可能となるため、点検費用が最小限となり、また施設も寿命が来るまで無駄なく使えること

・水道利用組合の作業が農村の互助のスキームと調和しており、担い手側が当面はその作業を受容できていること、また、水道の維持管理に必要な作業スキルや道具立てが、組合の関係者内で賄えること

があげられる。

- 一方、既存地域自律管理型水道の課題としては、
- ・水源水質の良さに頼ったシンプルな仕組みであるがゆえに、突発的な水質悪化に対してバリアが無いこと
- ・水源地を保全するためにはある程度広域の連携が不可欠であるが、現時点では各々の管理主体間の交流はほとんど無いこと
- ・管路網図や施設更新情報などのアセット情報の管理が、関係者の記憶に頼る部分が多く、世代交代によって徐々に失われていっていることが考えられた。地域自律管理型水道の長所である低コスト運営を維持したまま上記の課題を解決できるようなしくみと技術が求められている。

本研究では、のちに述べる実証サイトでもある北海道富良野圏域をモデルに、地域自律管理型水道とその支援体制を「地域ぐるみの水道管理支援体制」という形で提案し(図-2)、現地調査と実証を通じて支援体制の改良を繰り返した。この構想では、地域の主体が自律的に管理を行っている部分はそのまま生かし、地域だけでは実施が難しい、広域連携体制構築やリスク管理体制の整備およびアセット情報の整備を、市町村をはじめ各レベルの行政、地元の高校、地域の技術者、外部の専門家などが様々な形で支援する体制を取っている。小規模水道向けの技術・ノウハウは、地元の水道事業者や電気事業者だけが持っているため、こうした地元業者にきちんとお金と物と情報が流れる仕組みをつくり、技術とノウハウを地域で継承してもらうことを目指した。ただし、行政以外から無償の支援を得ることは当然できないので、地域が支払える小さなお金を必要な所に効果的に回す他に、例えば高校への教育のフィールド提供や、専門家へのデータ提供等、お金以外の対価も上手く使うことを考えた。

■ 地元高校生と取り組んだ現地実証

北海道富良野高校の科学部と連携し、「地域ぐるみの水道管理支援体制」のうち、地元高校によるアセット情報整備支援と水質モニタリング支援の部分について実証を行った。アセット情報整備支援としては、管路網図のGIS化(記憶からの描き起こし、または紙地図からの入力)を、2017~2018年度で合計5箇所(2019年1月には、さらに4か所を実施予定)を対象に、それぞれ水道組合幹部に聞き取りを行いながら実施した(図-3)。この時、SIP研究開発テーマ「基幹的農業水利施設の戦略的なアセットマネジメント技術の開発(課題番号:60)」において開発された「農業用水利施設管理支援システム」のGISソフトを応用し、現場ではタブレット端末による入力と写真撮影を、高校に戻ってからはPC上での清書入力をそれぞれ行い、最終的に図-4に示すようなデジタル管路網図がそれぞれの対象水道について完成した。

水質モニタリング支援としては、試行として2017年夏に1か所で原水、処理水、周辺環境水などを採取し、水質を分析した。2018年度は、6月に北海道大学工学部で分析のトレーニングを実施した後、8~9月で6か所の水質分析を行った。分析項目は、高額な機器を使わずに計測でき、かつ、地域自律管理型水道の維持管理に貢献できる項目として、大腸菌数(および大腸菌群数)とおいしい水の基準(「おいしい水研究会」の示した項目を一部変更)について行った。

一連の取り組みについて、2017年11月および2018年11月に高校生による報告会を開催し、地域自律管理型水道管理者の方々にも聴講いただいた(図-5)。

■ 実証を通じて見えたこと

地域ぐるみの水道管理支援体制づくりという面において、地元高校と連携するという事は、単に一定品質の仕事を期待できる地域のプレイヤーを確保したというだけでなく、それ以上の意義があることがわかった。まず、高校生による現地調査に対して水道利用組合関係者は極めて協力的であった。地方農村部においては、地元高校生は地域の将来の担い手として、地域から非常に大きな期待が寄せられている存在であり、そのことが背景にあると考えられる。

また実際に、今現在、地域の担い手として活動している人物の多くがこの高校の卒業生であり、そのネットワークとつながれる意味も大きかった。たとえば本研究の実証体制を構築する際にも、卒業生のネットワークを頼ることで体制づくりをスムーズに進めることができた。地域に新たな仕組みを作る上では、こうしたネットワークとの連携は欠かせない。さらに言えば、地方において拠点となる高校には、周辺市町村(富良野高校の例では美瑛町、上富良野町、中富良野町、南富良野町など)からも生徒が通うため、こうした卒業生のネットワークは自ずと周辺市町村を包含したものとなっている。地域自律管理型水道の課題の1つである広域連携による支援を実現する上でも、卒業



図-3 高校生による管路網図作成作業
(水道組合幹部が自らタブレットを操作しはじめている)



図-4 高校生が作成した管路網図の例
(関係者閲覧用に、汎用性の高いGoogle Earthに変換)



図-5 高校生による成果報告会の様子

生のネットワークは重要になるものと思われる。

新技術実装の検証という面では、今回、SIPインフラにおいて開発されたGISソフトを「地域ぐるみの水道管理支援体制」に組み込んだが、この技術を選定した決め手は、①タブレット端末を用いた誰にでも直感的にわかりやすい入力インターフェースと②入力のしやすさに特化した戦略ゆえにデータベース化した後は他のシステムでも管理できるよう他フォーマットへのデータ変換が容易にできる点の2点であった。実際に現場で使用し

た結果としては、高校生がこのGISソフトを問題なく使いこなしていただけてだけでなく、水道利用組合の方々も自ら操作して説明をしはじめる場面(図-3)がしばしばあったことから、①の特徴は期待通りであったと言える。なお、操作上の細かい使いにくさ、わかりにくさについては、高校生からひとつひとつ指摘してもらい、ソフトウェアにフィードバックした。

また、高校生が入力したデータを地域の方々に見せる際に、一般の方にもなじみがあるGoogle earth用に変換して提示したところ、GISソフトのまま提示した時とはリアクションが明らかに異なり、実際にこれを見た水道組合からは「これなら使えそうだ」というコメントが得られた。なお、富良野市上下水道課からは「地元管理の小規模水道の管路情報はこれまでなかった。かなり重要な資料となるので、ぜひ展開してほしい。」と言われており、SIP後も活動は継続される予定である。

一方、2年間の実証を通じて課題と考えられた点は、高校生のモチベーション維持であった。「地域の役に立つ」というだけでは高校生のモチベーションの維持が難しい面があったため、2年目は水質分析に「おいしい水」というテーマ性を持たせることや、あえてやや敷居の高い「大腸菌数カウント」を実施してもらうこととし、大学の実験室まで遠征して分析のトレーニングを行うなど、彼らの知的好奇心を満たす方向でも工夫を行った。

■ 地域自律管理において ■ 水の品質管理をどう考えるか

どのような水道であれ、供給する水の安全性は確実に担保しなければならない。ただし、「サービス提供者」＝「サービス利用者」である地域自律管理型水道においては、水供給側だけで安全性を100%担保する必要は無く、供給側と使用者側の双方で安全性の担保を分担することが可能である。例えば、北海道の自律管理型水道には、塩素を入れていない代わりに、利用者は当然のこととして口に入る水は何らかの形で加熱処理をしているというケースが見られる。この場合、利用者が納得している状況で、原水の状況が定期的に確認さ

れていれば、安全性の担保をうまく分担している1つのあり方と言える。

この発想の延長線上には、例えば、先の加熱処理の代わりに家庭用の膜処理浄水器を入れて各家庭が飲用水の安全性を自分で担保することも考えられる。そこには、新技術導入の余地が大いにあるはずであるが、これまでに著者が関わってきた範囲では、水の安全性担保をユーザー側も分担するという発想自体に、水道関係者から強い拒否反応を示される場合が多い。これは、従来の行政が責任をもって品質を担保してきた水道の関係者としては当然の反応かもしれない。行政主導型の水道が維持できなくなる地域向けの、まったく新たな水道運営のあり方として地域自律管理型水道を位置づけ、関係者に広く認知してもらうことがまず必要かもしれない。

なお、安全性の担保を分担するにあたっては、当然、あらかじめ各自の責任範囲を明確にしておく必要がある。地域ぐるみの水道管理支援体制においても、市町村が支援できる範囲、地元高校によって提供される情報のチェック機能と免責の取り決めなど、あらかじめ関係者の合意形成を行うことは必須である。特に、行政管理から地域自律管理に移行する場合には、合意形成は容易ではないと予想されるが、地方自治体も地方の水インフラ維持管理主体として限界に来ていることを関係者に理解してもらいつつ、地域自律管理型水道のメリット提示、地域ぐるみの水道管理支援体制の作り込み等を通じて、合意形成を進めるほかない。

■ 地域人材のポテンシャル能力を適切に見極めた上での新技術導入戦略が必要

本研究では、目の前にある課題を技術によって直接解決するというよりは、目の前にある課題を解決できる地域のしくみを構想し、その構想に役立つ新技術を当てはめて、さらに構想を進化させつつ、技術も改良していくというプロセスをとった。結果的に、富良野圏域での実証で採用した新技術はいくつかの限られたものであったが、一般論として、「地域自律管理型水道および「地域ぐるみの水道管理体制」に新技術を実装する際に考えるべ

き点について、以下、整理する。

まず、表-1で見たように、地域自律管理型水道では、水道維持管理に必要な作業のうち、かなりの部分を自分たちで行っている。この背景には、普段から重機操作や農薬をはじめとする化学薬品の取り扱いを行っている農家の存在が大きいと考えられる。こうした状況への新技術実装を考える際には、水道については素人ではあるものの農業に関わる幅広い技能を持った人たちの集団である“地域の方々”について、その技能レベルを適切に捉えて新技術およびそのインターフェースを提案する必要がある。少なくとも、都市に住む一般市民向けの技術よりは明らかに、高度な技術が受け入れ可能と考えられる。逆に、都市住民が便利だと感じる技術であっても、“地域の方々”が、すでに持っている工具などで解決できる事柄であれば、魅力を感じてもらうことは難しい。また、日ごろから慣れ親しんでいる農業系の技術との連続性、汎用性が高い技術であれば、受容性の向上が期待できる。

また新技術のコストについても、“地域の方々”をターゲットにする際には、彼らは農家としての経営感覚をもった経営者であることを意識する必要がある。日常的に低コストで運営されている地域自律管理型水道であっても、経営判断として彼らが「投資する価値がある」と考えれば、まとまった額を先行投資するというやり方は、本研究の間取り調査においても確認されている。

【参考文献】

- 1) 牛島健: 地域自律型の次世代・水インフラマネジメントシステムへの転換、第6回石狩川流域圏上下水道システム研究会報告会資料、2018
- 2) 牛島健、石井旭、福井淳一、松村博文: 実態調査に基づいた人口減少地域における地域自律型水インフラマネジメントの可能性、土木学会論文集G(環境)、(受理済み・印刷中)

【本報告文の連絡先】

牛島 健 宛

〒078-8801 北海道旭川市緑が丘東1条3丁目1-20

北海道立総合研究機構 建築研究本部

Tel: 0166-66-4211(代表)、Fax: 0166-66-4215

E-mail: ushijima-ken@hro.or.jp

ロボット技術による橋梁定期点検の 効率化・高度化と交通規制の大幅短縮



六郷 恵哲

岐阜大学
特任教授



羽田野 英明

岐阜大学
客員教授

橋梁定期点検への ロボット技術の取入れ

平成26年7月から5年に1回、近接目視による橋梁の定期点検が行われている。定期点検にドローン等を用いたロボット技術を取り入れることにより、下記の効果が期待されるが、未だ十分には取り入れられていない。

- ・点検時の交通規制の短縮
- ・点検作業の安全性の向上
- ・詳細な点検情報の蓄積
- ・費用の低減

岐阜大学SIP地域実装支援プロジェクト(以下、岐阜大学SIP)¹⁾では、各務原市が管理する各務原大橋で、平成30年度に行われる定期点検にドローンを含むロボット技術を取り入れることを目指した活動を行っている。この記事は、文献²⁾から抜粋して作成したものである。

各務原大橋の定期点検の難しさ

図-1に示す各務原大橋(橋面積11,200m²)は、木曾川に架かるPC10径間連続フィンバック橋(橋長594m、平成25年竣工)である。上部工は、半円筒型の箱桁構造、橋脚は張出し部のない小判型であり、高さは水面より10m程度である。車道部の標準幅員は7.5mで、上下流とも3m幅員の自転車

歩行者道(自歩道)が整備され、P5橋脚付近とP7橋脚付近では、自歩道幅が5mに部分的に拡幅されている。

各務原大橋は、自歩道幅員が広く、歩車道境界にフィンバック部材もあるため、図-2に示すように使用実績の多い大型橋梁点検車を利用して橋梁下面の点検作業ができない。特に、脚高が10m以上と高く、桁下からの点検作業が難しい河川内径間P2~P9(420m)については、懐幅が5m程度の超大型橋梁点検車、あるいは点検用吊足場、高所ロープ作業による点検が必要となり、コスト面での負担も大きい。



図-1 各務原大橋

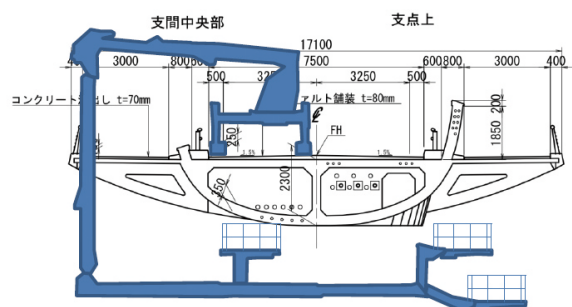


図-2 橋梁点検車(BT400)による橋梁点検

課題と解決のための取組み

表-1に、橋梁の定期点検にロボット技術を取り入れる場合の課題を、基準類、ロボット技術、コストに分けて示すとともに、それぞれの課題に対する岐阜大学SIPの取組みの要点を示す。

基準類への整合

自治体が管理する橋梁の定期点検にロボット技術を取り入れる場合、道路橋定期点検要領³⁾と整合していることが重要である。また、ロボット技術を取り入れた橋梁点検業務を発注する際の拠り所となる技術基準等が必要である。

岐阜大学SIPでは、「新しい橋梁点検技術の適用性評価委員会」(平成29年7月～平成30年3月)を組織し、各務原大橋のような比較的新しい大型のコンクリート橋を主な対象として、「ロボット技術を取り入れた橋梁点検指針(案)ー地方自治体向けー」(以下、指針(案))を作成し公開した^{1),4)}。さらに、各務原大橋の定期点検において、この指針(案)に従い、まずロボット技術を用いて「事前調査」を行い、次にその結果をもとに、超大型橋梁点検車等を用いて「近接目視点検」を橋梁全体に全て実施する方法を提案した。

各務原大橋は広い自歩道部を有した特殊橋梁(フィンバック橋梁)であり、その点検にはわが国に1台しかない超大型橋梁点検車を10日間ほど利用する必要がある。一方、ロボット技術による事

表-1 橋梁の定期点検にロボット点検技術を取り入れる場合の課題と岐阜大学SIPの取組み

	課題	岐阜大学 SIP の取組みの要点
基準類	・ロボット技術取入れの拠り所となる基準類が無い	・ロボット技術を取り入れた橋梁点検指針(案)ー地方自治体向けーを作成 ^{1),4)}
	・点検方法は道路橋定期点検要領に整合	・点検要領に基づく近接目視点検の前に、ロボット技術で事前調査を行うことを提案
ロボット技術	・ロボット技術への要求内容が不明確	・部材の健全性区分が道路橋定期点検要領で規定するⅡ以上となるか否かを判断可能な性能を要求(表-2)
	・技術の評価が十分に行われていない	・各務原大橋におけるフィールド試験でロボット技術の性能を評価(表-3)
	・全部位の点検を行える単独のロボット技術がない	・複数のロボット技術を組み合わせることを提案(図-3、4)
コスト	・点検コスト削減の可能性が分かりにくい	・ロボット技術による事前調査をスクリーニング調査に変えるとともに、AIを活用することを提案

表-2 ロボット技術による取得情報の要求性能

要求内容			検証方法
検出機能	有無	損傷の種類を認識できる。	左記の項目について確認できる写真や損傷図が提供されること。提供された写真や損傷図が、近接目視により作成された損傷図と比較して、損傷の位置、範囲、方向が概ね一致していること。
	位置	損傷箇所と他の部材との位置関係をスケッチできる程度に検出できる。	
	範囲	損傷の範囲について、「局所的」あるいは「広範囲」を判断できるような全体像を検出できる。	
	方向(パターン)	損傷の方向性(水平、鉛直、斜め、鋼材方向、直交方向)あるいはパターン(網目状)を検出できる。	
計測性能	大きさ	【ひび割れ幅】 0.2mm以上のひび割れ幅を0.0～+0.1mm以内*の誤差で計測できる。	近接目視により作成された損傷図に記載された損傷、あるいは人工的に作成した精度検証指標の計測結果が、概ね左記に示す許容誤差の範囲内であること。
		【ひび割れ長さ、剥離、鉄筋露出、漏水等】 5cm以内の誤差で計測できる。 (長さL=○○○cm、面積A=○○cm×○○cm)	
	量	桁遊間や支承の変位を、10mm以内の誤差で計測できる。	

※幅0.3mmのひび割れ幅の検出漏れがないように、以下のような性能とする。
0.2mmのひび割れ幅に対して、測定結果を安全側に0.3mm(0.2mm+誤差0.1mm)と出力することは許容する。
0.3mmのひび割れ幅に対して、測定結果が危険側に0.2mm(0.3mm-誤差0.1mm)とすることは許容しない。

前調査を活用すれば、超大型橋梁点検車の利用は4日間で済む。超大型橋梁点検車の使用期間を短縮したことにより、片側交通規制による交通渋滞を減らすことができる。超大型橋梁点検車の利用を6日間分減らした費用で、ロボット技術を利用できれば、コスト増も避けることができる。

■ ロボット技術の性能と運用方法

橋梁定期点検にロボット技術はほとんど取り入れられていないので、ロボット技術が有すべき性能について、明確に示すことは難しい。先述の指針(案)では、ロボット技術で取得される情報に、各部材の健全性区分が道路橋定期点検要領で規定するII以上となりうるか否かを判断可能な性能を求めている。岐阜大学SIPでは、点検技術者が橋梁の各部材の健全性を判断するために求める情報と、ロボット技術が提示すべきデータを整理したうえで、取得情報の要求性能を表-2のように規定した。フィールド試験によって確認したロボット技術の性能の主な結果を、表-3に示す。なお、表-2の計測性能については岐阜県橋梁点検マニュアル⁵⁾を参考に設定し、許容誤差についてはフィールド試験等の結果も参考に設定した。

表-3から、取り上げた技術の範囲では、全ての部位を1種類の技術のみで点検することは現時点

では難しいことがわかる。岐阜大学SIPでは、各務原大橋の定期点検の事前調査において、図-3、4に示すように、複数のロボット技術を、特徴を生かしながら組み合わせて用いる予定である。

■ 今後への期待

岐阜大学SIPでは、各務原大橋の定期点検(平成30年度初点検)にロボット技術を取り入れることを目指して、下記の取組みを行っている。

- ・ロボット技術を取り入れた橋梁点検指針(案)
 - －地方自治体向け－の作成
 - ・ロボット技術への要求性能の提示と性能評価
 - ・ロボット技術の最適な組み合わせの例示
- 橋梁点検にロボット技術を活用することにより、下記のメリットがある。
- ・各務原大橋のような大断面を有する大型橋梁の点検が容易に
 - ・大型点検車の使用による橋面交通規制を大幅短縮(各務原大橋の場合:10日間→4日間)
- 今後、技術基準類の改定にあたっては、ロボット等による計測技術の改善、取得データの精度向上、データ処理技術の高度化等、技術の進化と新技術の適用を促進する観点に立って、点検項目や要求性能の見直し等が行われることが期待される。

表-3 各務原大橋におけるロボット技術の評価

点検対象部位	各務原大橋に対する適用性評価	UAV技術者による操作			点検技術者による操作		
		打音機構付点検ロボット	二輪型マルチコプタ	可変ピッチ機構付ドローン	橋梁点検ロボットカメラ	橋梁点検カメラシステム	
河川内径間での適用	A: 適用可 B: 条件付適用可(適用条件) C: 対象外	B (ボート等利用)	B (ボート等利用)	B (ボート等利用)	A	A	
床版下面		A(+) 打音点検可	A(-) 再検証要	A	A	A	
主桁(側面)		B 上側のみ点検可能	C 曲面対応不可	A	A	A	
主桁(下面)		A	A(-) 再検証要	A	A	B 中央部の点検不可	
支点上横桁		C 対応不可	C 対応不可	A	B 側面側のみ点検可	A	
ブラケット		B 下面のみ	A	A	A	A	
支承		C 対応不可	A	A(-) 再検証要	B 支承間の点検不可	B 支承間の点検不可	
排水管等附属物		A	A	A	A	A	
下部工(天端上面)		C 対応不可	A	A(-) 再検証要	C 対応不可	C 対応不可	
下部工(側面:天端~水面上)		C 対応不可	A	A	C 対応不可	C 対応不可	
適用性評価		A: H30点検での活用を推奨 B: H30で改良機能の確認 C: 性能不足のため対象除外	A (たつき点検専用)	A	A	A	A

		A1	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	A2	
【業務】 ロボット技術による事前調査	広域調査	①											
	上部工	②A	②B	④	④	④	①	①	④	②B	②A		
	支承周り		③		③		③		③		③		
	下部工		③		③		③		①		①		
	打音点検	上部工⑤、下部工⑥											
【業務】	ロボット事前調査結果を踏まえた近接目視点検	標準部 ⑦					拡幅部 ⑧		標準部 ⑦		拡幅部 ⑧		標準部 ⑦

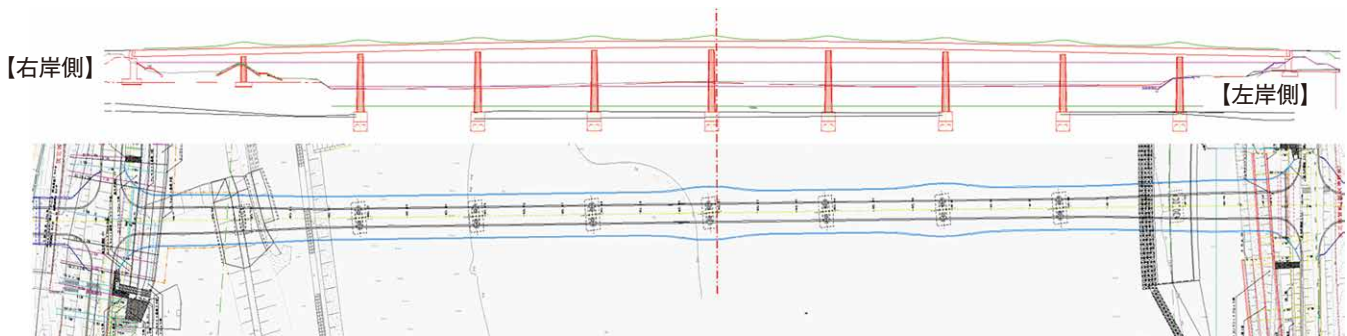


図-3 橋梁点検の分担計画



図-4 活用する橋梁点検技術

〈実際に活用した点検技術者からのコメント〉

各務原大橋での点検手法「ロボット技術による事前調査を踏まえ、最終的にはすべて近接目視点検を行う」というプロセスは、対象橋梁を2回診ることになります。つまり、近接目視の主目的である「見落としの排除」に、みごとにつながるのです。この点検手法に魅力を感じています。

通常は、交通規制をしながら限られた時間の中での1回のみという状況で、見落としのない点検をすることのリスクおよびプレッシャーがあります。また、どれくらいの損傷があるか分からない状態で、どれくらいの時間がかかるのかが不明な状況で、初めて近接目視に挑む場合はなおさらです。

将来的な姿とは少し違うかもしれませんが、ロボット技術があるからこそ、合理的に複数回診ることができるという面もあるのではと思っています。人間のミスを補うためのロボット技術という本来の姿かもしれません。

(株式会社テイコク 古澤栄二氏)

【参考文献】

- 1) 岐阜大学工学部インフラマネジメント技術研究センター：使いたくなるSIP維持管理技術のMEネットワークによる実装HP:<http://me-unit.net/>(閲覧日:2018年6月20日)
- 2) 蓮池里菜、木下幸治、羽田野英明、古澤栄二、六郷恵哲：ロボット技術の組み合わせによる各務原大橋の定期点検の試み、土木学会論文集F4(建設マネジメント)、2018年12月
- 3) 国土交通省道路局、道路橋定期点検要領(平成26年7月)
- 4) 蓮池里菜、木下幸治、羽田野英明、六郷恵哲：長大コンクリート橋におけるロボット技術を取り入れた橋梁点検の試み、コンクリート工学年次論文集、Vol.40、No.2、pp.1345-1350、2018
- 5) 岐阜県、岐阜県橋梁点検マニュアル(平成28年3月改訂版)

【本報告文の連絡先】

六郷 恵哲 宛
〒501-1195 岐阜市柳戸1-1
岐阜大学工学部社会基盤工学科
Tel/Fax:058-293-2417
E-mail:rk@gifu-u.ac.jp

鋼橋定期点検への ロボット技術の活用の考え方



羽田野 英明

岐阜大学
客員教授



六郷 恵哲

岐阜大学
特任教授

鋼橋点検で期待されるロボット技術

岐阜大学SIP実装プロジェクトでは、活動の一環として、橋長594mの各務原大橋の定期点検にロボット技術を取り入れることを目指した活動を行っている。この活動の中で、点検ロボット等の新技術導入に向けて、コンクリート橋の点検を対象として、関連する基準類の整備¹⁾、要求性能の明確化²⁾、技術の評価²⁾、技術の組合せを含めた運用提案を行ってきた。

一方、鋼橋のトラス構造やアーチ構造では、断面形状が複雑で、2次部材も多く、橋梁点検車等を利用した点検作業が必要となるが、その作業効率は低い。そのため、鋼橋に関しても、ロボット技術を活用した橋梁点検を推進する必要があり、鋼橋点検時の課題を踏まえた基準類の整備等が必要である。

ここでは、これまでの活動で得られた経験を踏まえて、コンクリート橋を対象とした基準や要求性能を、鋼橋へ適用拡大するための考え方について述べる。

鋼橋定期点検での課題

鋼橋は、薄板集成構造で点検が必要な部材の表面積も大きく、鉸桁や箱桁構造だけでなくトラス

橋やアーチ橋のような複雑な骨組構造も数多くあり、コンクリート橋に比べ部材断面も、主部材と2次部材との接合も複雑となっている。トラス橋やアーチ橋の橋梁点検では、図-1、図-2のように、複雑な骨組構造の間に点検車のバケットを慎重に挿入する操作を行う必要があり、点検作業の効率が著しく低下し、バケットの形状による制約から近接できない部位も発生する。近接できない部位については高所ロープ作業を利用した点検によって補足が必要な場合もある。このようなことから、鋼橋の点検作業を効率よく的確に実施するために、橋梁点検ロボットを利用した点検を望む声は大きいものの、現時点では橋梁点検ロボットの広範囲での適用は難易度が高いと考えられる。ここでは、コンクリート橋を対象とした指針(案)¹⁾を各務原大橋に適用した知見を踏まえて、地方自治体が管理する鋼橋の定期点検に利用するロボット技術への要求性能について述べる。

広い視野と狭い視野での点検機能

鋼橋の代表的な劣化形態には、腐食と疲労がある。腐食発生の原因となる防食機能の劣化は、比較的広範囲での情報取得が必要となる。一方、健全性評価に大きく影響する局部腐食は、比較的狭い視野での情報取得が必要となる。局部腐食部位については、板厚減少の測定実施の判断が可能な



図-1 下路式トラスランガー橋の点検⁴⁾



図-2 上路式アーチ橋の点検⁴⁾

レベルでの情報取得が求められる。そのため、鋼橋の点検でも、視野の異なる2種類の点検機能が求められる。

■ 明るさが不足する部位での点検対応

鋼橋で多用される塗装は様々な色彩が利用されており、暗色系の塗装系の鋼橋では、コンクリート橋に比べて十分な明るさが確保できない状況での点検作業が多くなる。そのため、明るさが不足する部位でも的確な変状把握ができる機能が求められる。

■ 亀裂の検出精度

鋼材の亀裂は溶接部を起点として発生し、初期段階では塗膜割れを伴う亀裂として、時には錆汁も伴う変状として検出される。ただし、鋼材の亀裂でない塗膜割れも多数存在する。橋梁定期点検での塗膜割れの検出に対する要求精度については、今後十分な議論が必要と考えられるが、コンクリートのひび割れ幅の検出目安とした0.2mm程度を基本とすることも考えられる。

■ ボルトのゆるみ・脱落の検出

鋼橋での連結には、高力ボルトや普通ボルトが多用されており、これらのゆるみや脱落の検出が求められる。ボルトのゆるみについては、点検技

術者による打音点検で検出されるが、現状のロボット技術では、ボルトの頭やナット部の確実な打音は難しく、ボルトのゆるみによる隙間や、ボルト頭やナットの鋼板接触部の塗膜割れを検出することで代替する対応が現実的と考えられる。

■ 鋼橋RC床版のひび割れ検出精度

鋼橋のコンクリート床版のひび割れは、遊離石灰を伴うひび割れが多いが、遊離石灰を伴わないひび割れもあり、点検ロボット技術では、この検出精度が課題である。健全性区分Ⅱ以上となり得る変状に限れば、「遊離石灰を伴わない広い範囲の一方あるいは二方向ひび割れ(最大ひび割れ幅0.2mm程度)」が検出できればよい。

■ 狭隘部位への近接機能

鋼橋点検では、橋軸方向に配置された主構や主桁と、橋軸直角方向に配置された部材(床組や上支材等)との交差部、あるいは主構や主桁とトラス構造の横構や対傾構との交差する部位に近接する必要があり、進入方向にも水平方向や鉛直方向などの制約を受ける構造形式が多い。このため、狭隘な範囲での的確な操作性が求められる。筆者らが実施した鋼橋のフィールド試験(岐阜市の千鳥橋)では、図-3に示すような球殻ガードを有する点検ロボット⁵⁾が、狭隘部位への近接機能に優れていた。また、鋼橋の特性を活用した点検ロボッ

トとして、吊下げワイヤ長さの制御で桁下を全方向に移動する点検ロボット⁵⁾、鋼材に磁力で吸着して移動する機構を有する点検ロボット⁶⁾、鋼桁橋の下フランジに懸架して移動する点検ロボット⁶⁾等も、狭隘部位への近接機能が優れており、鋼橋点検での活用が期待される。

■ 狭隘部位での効率的な変状撮影

狭隘部位の多い鋼橋では、そこへの出入りが作業時間の多くを占める。狭隘部位に近接したままの状態が多方向の撮影を行い出入りに必要な時間を短縮する必要がある。その一例として、高解像度の360度カメラでの撮影を行うなどの対応も考えられる。コンクリート橋での事例であるが、各務原大橋で試行した360度カメラを装着した橋梁点検ロボットの狭隘部での稼働状況を図-4に、その取得画像を図-5に示す。このような利用方法でも、幅0.2mm程度のひび割れを十分に検知することは可能であった。

■ 路面上側の点検作業の効率化

図-1に示した下路橋の点検では、高所作業車や橋梁点検車によって、1~1.5車線の通行規制が発生する。一方、ドローン系のロボットを活用した橋梁点検では、桁下の点検時の通行規制は発生しないが、路面から上側の点検時には全面的な規制が必要となる。短時間での全面通行規制とするために、複数のロボットの同時稼働等で点検作業の効率化を行う必要がある。

■ 鋼橋点検への要求性能の事例(案)

前述した事項を踏まえて、岐阜県橋梁点検マニュアル³⁾に沿った要求性能として整理すると表-1に示すようになる。鋼橋は、コンクリート橋に比べて、橋種によって狭隘部位へ近接する要求性能が大きく異なるため、適用橋種による区分を設けた。なお、この表は筆者らのコンクリート橋を対象とした橋梁点検ロボット技術の導入活動を踏ま

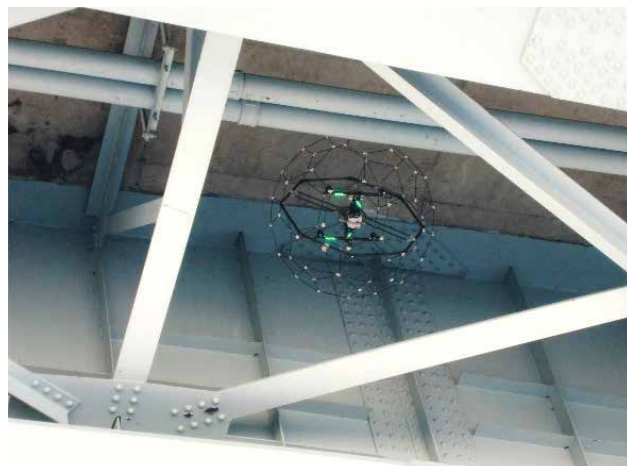


図-3 球殻ガードを有する点検ロボット



図-4 360度カメラを装着したドローン

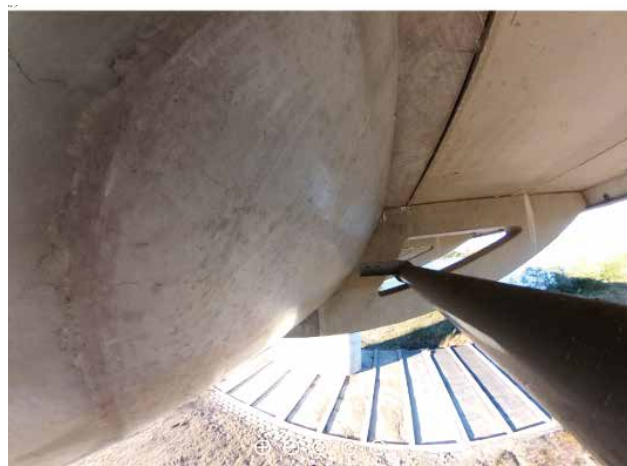


図-5 左側ウェブ面におけるひび割れの検出

えて、今後の基準類の検討の際の初期値となるよう提示したものである。

■ ロボット技術の組合せ

各務原大橋でのフィールド試験や、実業務の橋梁点検での利用状況を踏まえると、現時点では単

表-1 ロボット技術による取得情報への要求性能の例(鋼橋)

		要求内容	検証方法
適用橋種	鈹桁・箱桁(上路式)	1m×2m程度の空間を点検機構が上下方向に自在に通過できる。	学識経験者を含めた委員会等が主催する実橋梁あるいはモデル橋梁施設でのフィールド試験にて検証
	上路橋	トラス橋等で3m×5m程度の空間を点検機構が上下・水平方向に自在に通過できる。	
	下路橋	トラス橋等で3m×5m程度の空間を点検機構が上下・水平方向に自在に通過でき、橋面上の点検での全面通行止め時間を短縮する機能を有する。	
変状検出	有無と種類	変状(腐食、塗装割れ、ボルト・リベットのゆるみ・脱落、破断、防食機能の劣化、鋼板の変形・欠損)の有無と種類を認識できる。	近接目視により作成された変状図と比較して、変状の位置、範囲等が概ね一致している。
	位置	変状箇所と他の部材との位置関係を検出できる。	
	範囲	「局部的」か「広範囲」かを判断できる。	
	方向等	亀裂、破断、変形等の方向を検出できる。	
	水の侵入経路	腐食や防食機能の劣化について、水の侵入経路や発生源を検出できる。	
変状計測	寸法	鋼板の変形・欠損を1cm以内の誤差で計測できる。	変状や精度検証指標の計測結果が、概ね左記に示す許容誤差の範囲内である。
		変状の寸法を5cm以内の誤差で計測できる。	
	変位	桁遊間や支承の変位を10mm以内の誤差で計測できる。	

独自のロボット技術では現行の点検技術基準の要求を全て満足することは難しく、点検部位や点検作業に応じたロボット技術の使い分けや組合せが不可欠である。的確な点検ロボット技術の活用を推進するために、日本各地で実施されたフィールド試験結果などを整理して、点検部位とロボット技術の対応表等を作成して公表することが望まれる。

■ ロボット技術による点検支援の形態

ロボット技術による橋梁点検支援には、以下のような形態が考えられる。

- ①事前調査に活用し、全面的な近接目視点検作業の効率化(現在の指針(案)¹⁾の考え方)
- ②スクリーニングに活用し、近接目視点検作業を行う部位の選定
- ③過年度の近接目視点検で健全性区分Iと判定された橋梁に対する近接目視点検の代替

橋梁点検作業の効率化、コスト縮減の観点からは、将来的には、②および③の対応が望ましいと思われる。改訂が進められている点検要領との整合性が確保できるように、点検支援の基本的な考え方を見直す必要がある。

【参考文献】

- 1) 新しい橋梁点検技術の適用性評価委員会: ロボット技術を取り入れた橋梁点検指針(案) - 地方自治体向け -、岐阜大学SIP実装プロジェクト、平成30年4月
- 2) 各務原大橋点検方法検討会: 各務原大橋点検方法検討会報告書、岐阜大学SIP実装プロジェクト、平成30年4月
- 3) 岐阜県県土整備部道路維持課: 岐阜県橋梁点検マニュアル、平成28年3月
- 4) ネオテックジャパン: 構造物点検HP、<http://neotech-j.co.jp/check.html>、(閲覧日: 2018年9月10日)
- 5) 内閣府: インフラ維持管理・更新・マネジメント技術プロジェクト紹介、pp.106-107、平成29年3月
- 6) 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構: インフラ維持管理用ロボット技術 開発技術説明書、2018年3月

【本報告文の連絡先】

羽田野 英明 宛
〒501-1195 岐阜市柳戸1-1
岐阜大学工学部附属インフラマネジメント技術研究センター
Tel/Fax: 058-293-2436
E-mail: h_hatano@gifu-u.ac.jp

地方自治体のインフラ維持管理システムの開発と橋梁点検へのロボット技術の活用



黒田 保

鳥取大学
教授

建設業の担い手の減少・高齢化とインフラ維持管理の効率化の必要性

全国的に建設業に携わる人口が減少の一途をたどっている中、鳥取県ではその減少の割合がきわめて大きい(図-1)。さらに、建設業への若手入職者数が少なく建設業従事者の高齢化が進んでいる(図-1)。このような現状から、多くのインフラを抱える鳥取県の自治体では今後、インフラの維持管理をどのように効率化して進めていくかが喫緊の課題となっている。

そこで、データベース+GIS、センサによるモニタリング、地域住民(セミエキスパート)からの通報システム等を組み合わせた効率的なインフラ維持管理システム(図-2)を開発し、鳥取県のインフラ維持管理にそのシステムを実装した。また、橋梁点検の効率化と高度化を図るため橋梁点検へのロボット技術の活用を検討した。

道路の巡視点検の効率化

鳥取県の道路の巡視点検の効率化を図るために、データベースを構築しGISによる道路の状態の見える化を図った。これは、点検員が現場で点検を行った結果をその場でタブレット端末に入力し画像とともにデータベースへ送信することにより、事務所へ帰ってからの点検結果の整理、帳票の作成などの作業

を省略できるシステムである。さらに、位置情報も併せて取得するため不具合のある個所は地図上に表示され、どこに不具合があるかを一見して把握することができる。不具合のある個所の補修履歴についてもこのデータベースに格納され、点検から補修までのデータの管理をこのデータベースで一元化できる。このデータベース+GISによるシステムを鳥取県

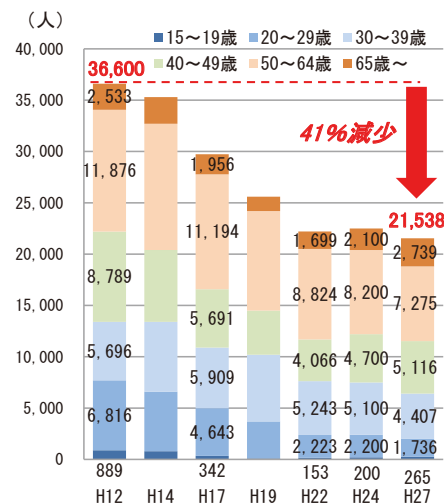


図-1 鳥取県内建設業の年齢別人口の推移(鳥取県商工労働部のデータより作成)

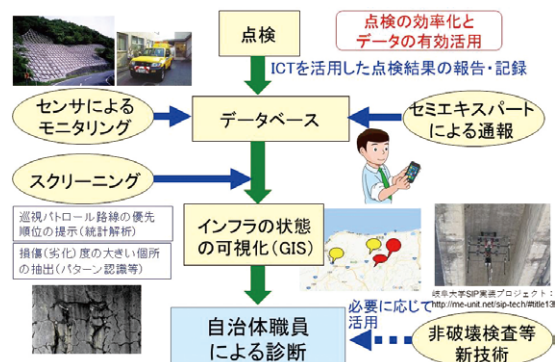


図-2 インフラ維持管理システム

の道路の維持管理業務に実装するために、鳥取県の職員に試行的に運用してもらいつつ職員の意見をフィードバックして改善を行う作業を繰り返し、効率的かつ使いやすいシステムを構築した。

■ 車載センサによる道路の不具合個所の検出

道路パトロール車にセンサ(加速度センサ+GPS)を搭載し、道路パトロール車を運行する際に道路の異常な振動を検出して、その個所を上記のデータベース+GISを活用して地図上に表示させる。この仕組みにより道路の不具合個所を効率的に検出することができる。現在、鳥取県ではこの仕組みを道路パトロール車で運用しているところであるが、さらに、運送会社の配送車等にこのセンサを積み込むことにより広域的かつ高頻度で運用できる仕組みの構築が進められている。

■ セミエキスパートによる点検支援

地域の住民に対して道路の損傷や劣化などの不具合について研修(図-3)を行い、資格(セミエキスパート)を付与する。このセミエキスパートは生活圏内の道路の異常を発見した際にスマートフォンやタブレット端末により不具合の状況を位置情報や画像とともに上記のデータベースに送信する。セミエキスパートから通報のあった異常個所の情報は地図上に表示される。この仕組みにより、道路管理者はその状況を確認し、必要に応じて対策を講じる。道路管理者による対策の実施の有無の判断や対策の結果を地図上に表示させることにより、セミエキスパートは通報した異常個所に対する道路管理者の対応を把握することができる。このセミエキスパートによる道路の異常個所通報システムの試行を地域の住民の協力を得て繰り返し、研修内容や情報発信のためのアプリに関する利用者からの意見をフィードバックして改良を行いつつ実装を図った。

■ 維持管理システムに関するユーザーからの声

維持管理システムを利用するユーザー(管理者)か



図-3 セミエキスパート養成研修

ら寄せられた声を以下に示す。

- ・維持管理が必要な個所の見える化により経時変化の把握が容易となり、戦略的なアセットマネジメントに絶大的な効果が期待できる。
- ・住民からの通報による損傷個所の早期把握により、きめ細やかな対応による住民サービスの向上が図られる。
- ・開発システムの活用により適正な維持管理が可能となり、管理瑕疵等の発生件数低下が期待できる。
- ・開発システムは平時の維持管理のみならず災害時の情報管理にも活用でき、汎用性が高く有用である。

■ 橋梁点検へのロボット技術の活用

技術者数や予算の制約条件から橋梁点検の効率化を図ることが喫緊の課題である。また、大型橋梁等では立地条件や構造的な制約条件により近接目視点検が困難な状況にあるものが多い。そこで、橋梁点検の効率化と高度化を図るため、鳥取県境港市と島根県松江市を結んで中海に架かる江島大橋(図-4)を対象モデルとして橋梁点検へのロボット技術の活用に向けた実証試験を実施した。江島大橋は立地条件および構造的制約条件から近接目視が困難であり、供用を開始してから14年間遠望目視による点検となっている。



図-4 江島大橋

江島大橋での近接目視の難しさ

江島大橋における近接目視点検が困難な点を挙げると以下のとおりである。

- ・張出部分が大きく、桁の高さが高い(最大15m)ため、大型の橋梁点検車でも近接できない箇所がある。
- ・橋梁の勾配が最大で6.1%あり、大型橋梁点検車を用いると片側全区間を交通規制する必要がある社会的な影響が大きい。
- ・ロープアクセスによる近接目視点検は安全面に問題があり、そもそもロープアクセスでも容易に近接できない箇所がある。
- ・箱桁内部は暗く、高さが最大15m近くあるため足場が必要である。足場を狭隘な点検孔から入れるのは困難である。
- ・吊り足場等を設置して近接目視点検を行う場合、試算によると点検費用が膨大な金額(2億円を上回る)となる。

ロボット技術開発者と 地元コンサルタントとの協働

ロボット技術を地域の橋梁点検に導入するには、地元建設コンサルタントの技術者がロボット技術を理解し、それを用いた点検を実施できなければならない。そこで、実証試験にあたってロボット技術開発者と地元建設コンサルタントが協働して点検の計画、経費の算出、実証試験の実施、点検結果の整理、報告書の作成を実施することとした。

実証試験に用いたロボット技術

実証試験では次の4つのロボット技術を用いた。

- ・「橋梁点検ロボットカメラ等機器を用いたモニタリングシステム」(三井住友建設)
- ・「近接目視・打音検査等を用いた飛行ロボットによる点検システム」(新日本非破壊検査)
- ・「二輪型マルチコプタを用いたジオタグ付近接画像を取得可能な橋梁点検支援ロボットシステム」(富士通)

- ・「橋梁点検カメラシステム「視る・診る」」(ジビル調査設計)



図-5 実証試験に用いたロボット技術

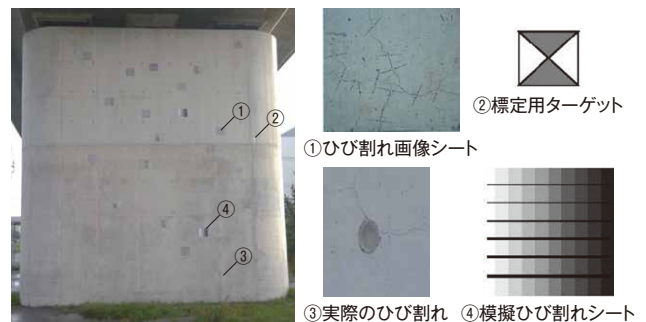


図-6 精度確認試験

実証試験の実施体制

管理者である境港管理組合と、山陰地方でのロボット技術の実装を見据えて、鳥取県と島根県の各自治体、両県の建設コンサルタントの技術者に参画してもらい実証試験を実施した。

【参画機関】

鳥取大学、鳥取県、島根県、境港管理組合、鳥取県建設技術センター、鳥取県測量設計業協会、鳥取県コンクリート診断士会、島根県測量設計業協会、島根県コンクリート診断士会、計測リサーチコンサルタント、リテックエンジニアリング

現場実証試験

この実証試験では4つのロボット技術を組み合わせた点検とともに、各ロボットによって検出されたひび割れ幅、ひび割れ長さ、ひび割れの位置等の精度確認試験(図-6)も実施した。各ロボット技術の開発者と地元建設コンサルタントの技術者が協働で点

検を実施し、建設コンサルタントの技術者からはロボット技術を橋梁点検に活用する際の意見を聴取した。

■ ロボット技術のメリット

ロボット技術を橋梁点検に活用する際のメリットを挙げると以下の通りである。

- ・ロボットは人が容易に近づけない箇所にも近接できる。
- ・ロボットが撮影した近接画像は幅0.1mmのひび割れまで検出可能であり、人の目視に劣らない。
- ・橋梁の全範囲の画像を記録することができ、診断結果のエビデンスとして残すことができる。
- ・3Dモデルを構築することにより橋梁の状態を可視化できる。
- ・橋梁点検ロボットを活用すると暗い箱桁内部でも状態を視認可能な画像を撮影することができる。また、機材を狭隘な点検孔から比較的容易に運搬できる。
- ・ロボット技術の活用により橋梁点検を効率化できる。

■ ロボット技術における問題点と改善

実証試験の結果を整理する段階で、ロボットが撮影した膨大な量の画像からひび割れ等の損傷を見分け、損傷図を作成するには多大な労力と長時間を要することがわかった。そこで、画像を展開画像に合成し、それを大型ディスプレイで等倍に表示し、そこに映し出されたひび割れからひび割れ幅や長さの計測を行い損傷図を作成できるようにした(図-7)。このように部材に近接して目視する状況を再現し、作業の効率化を図った。将来、AI技術の進歩によりひび割れの抽出とひび割れ幅や長さの計測が自動化されると、さらなる作業効率の改善が図れる。

■ ロボット技術に対するユーザーの声

[管理者]

- ・境港管理組合が管理する江島大橋は、長大橋かつ貨物船の航路であることから桁下が高く、



図-7 大型タッチパネルによるバーチャル近接目視点検

従来の方法では橋梁点検が困難な状況である。今回の取組において、ロボット技術を利用した点検方法が確立されることを期待している。

[建設コンサルタント技術者]

- ・今回、橋梁点検ロボットカメラによる点検を行った。機材は小型で人力による持ち運びができ、カメラの設置やタブレットによる操作も比較的簡易だった。光がほとんど入らない箱桁内でも撮影が可能で、撮影方法や撮影後の画像処理方法などを工夫すれば様々な場所で実用できると考える。
- ・橋梁点検の専門性を持った技術者が直接ロボットを操作することにより、より詳細な点検ができる。
- ・現在の一般的なドローン活用の状況を前提とした場合、優位性の高いシステムだと感じる。橋梁点検において、ドローン等の活用は今後必須だと感じる。
- ・当該技術は点検に危険を伴う箇所(ロープアクセスでなければ点検不可能等)、または点検時に高価な足場等が必要となる場合において効果を発揮するものと思われる。

■ 今後の予定

今後は、「ロボット技術を活用した橋梁点検指針」を作成し、橋梁点検へのロボット技術の実装を進める予定である。さらに、実証試験で対象とした江島大橋の点検にロボット技術を活用するための歩掛および仕様書を作成する予定である。

[本報告文の連絡先]

黒田 保 宛

〒680-8552 鳥取市湖山町南4丁目101番地

鳥取大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻

Tel:0857-31-5523、Fax:0857-28-7899

E-mail:tkuroda@tottori-u.ac.jp

UAV撮影画像の解析技術を活用した 離島橋梁のひび割れ点検の効率化



富山 潤

琉球大学
准教授



山田 義智

琉球大学
教授

沖縄県の橋梁点検に対するニーズ

まず、沖縄県の地理的特性、自然環境および塩害環境の観点から構造物の点検に対するニーズについて整理する。

沖縄県は、無人島を含む160もの島々からなる島嶼環境ということから、離島に住む人々の生活改善を目的に本島と離島、離島と離島を結ぶ多くの海上橋（以下、離島架橋と称す）が建設されている（図-1参照）。離島架橋は、海上橋であり、健全性を確認する各種点検は多くの制約を受け、実施が困難な場合もある。また、沖縄県は、亜熱帯海洋性気候に属し、1年を通して高温多湿、また、四方

を海に囲まれ、冬季風浪と台風により海から多くの塩分が供給される塩害環境の厳しい地域である。

このような背景の中、沖縄県の離島架橋の点検に対する新技術の要求（ニーズ）は高く、早急に取り組むべき課題のひとつである。また、沖縄県で開催したSIP技術講習会の際の新技術ニーズ調査において、「遠隔で点検が可能な技術」などへのニーズが高いことがわかった。

新技術の概要 （ひび割れ解析技術+ UAV 撮影技術）

沖縄県のニーズを鑑み、沖縄県で実証実験を行った新技術の概要を述べる。ここでいう新技術とは、SIP開発技術のひとつである「画像解析技術を用

番号	橋名	主な橋種	完成年度	橋長(m)
1	桃原橋	PCホロー桁橋	架替中	17.00
2	奥武橋	PCホロー桁橋	1979	150.00
3	羽地奥武橋	PCT桁橋	1981	77.00
4	伊計大橋	下路式鋼ランガー桁橋	1981	198.35
5	瀬底大橋	鋼ニールセンローゼ橋	1984	762.00
6	藪地大橋	PC箱桁	1985	193.00
7	慶留間橋	PCラーメン橋	1988	240.00
8	池間大橋	PC箱桁橋	1991	1,425.00
9	屋我地大橋	PC箱桁橋	1992	300.00
10	来間大橋	PC箱桁橋	1994	1,690.00
11	宮城橋	大宜味村	1995	100.00
12	浜比嘉大橋	PC箱桁橋	1996	900.00
13	奥武橋	PC橋	1996	93.10
14	世間橋	PC中空床版橋	1997	96.30
15	平安座海中大橋	斜張橋	1997	280.00
16	塩屋大橋	PC箱桁	1998	360.00
17	阿嘉大橋	バランスドアーチ橋(PC)	1998	530.00
18	野甫大橋	PC変断面箱桁橋	2003	320.00
19	古宇利大橋	PC箱桁橋	2004	1,960.00
20	ワルミ大橋	上路式RC固定アーチ橋	2010	315.00
21	伊良部大橋	PC箱桁・鋼桁(航路部)	2014	3,540.00

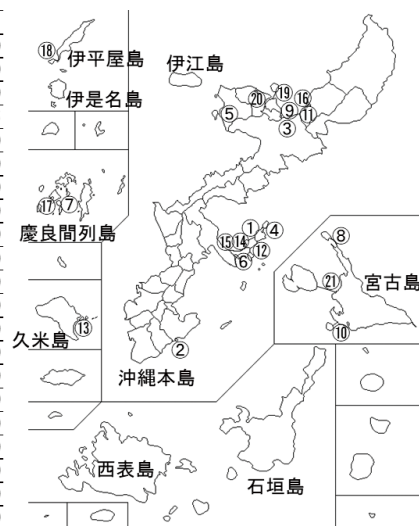


図-1 島嶼環境・離島架橋建設状況（現在21橋の離島架橋が建設されている）

いた遠方からの床版ひび割れ定量評価システムの構築」(以下、大成建設SIP技術と称す)と、その技術をサポートする高精度UAV撮影技術を併せた技術をいう。

大成建設SIP技術は、ひび割れの生じたコンクリート表面を撮影したデジタル画像からひび割れ幅、長さおよび分布(ひび割れマップ)を定量的に求める技術である。この技術は、要求されるひび割れ幅を精度良く解析するために必要な画素サイズのデジタル画像を撮影することができれば、ひび割れ幅の検出精度が90%以上あり、ひび割れ点検技術として強力なツールである(図-2参照)。従って、高繊細なデジタル画像を撮影する技術も重要となる。また、本技術は、ひび割れ以外のコンクリート表面の変状検出についても技術開発を続けており、現在は遊離石灰の検出が可能である。

琉球大学SIPでは、大成建設SIP技術を沖縄県に実装し定着させるために、大成建設SIP技術はデジタル画像を用いたひび割れを解析する技術と位置付け、撮影する技術は、UAV、3Dレーザースキャン、建設現場3Dモデリング(BIM/CIM)などICT技術を積極的に活用している地元建設コンサルタントと連携することにした。

高精度なUAV撮影を行うためには、「高性能UAV機器」、「高度なUAV操作技術」、「撮影技術・カメラの知識」、「撮影前の現地調査」などに対して、いくつか必須項目があるが、紙面の都合上詳細は省略する。

■ 管理者からの提案により成功した ■ 実証実験の概要

沖縄県での新技術の実証実験は、構造物の管理者(沖縄県中部土木事務所)からの提案で、2017年度に離島架橋1橋(PC箱桁橋)で実施することになった。さらに、その後、沖縄県北部土木事務所管理、沖縄県宮古土木事務所管理の各1橋(離島架橋:PC箱桁橋)、さらには沖縄総合事務局北部国道事務所管理の1橋(河川橋、PCT桁橋)の合計4橋(3離島架橋、1河川橋)において、2017年度中に実証実験を行うことができた。その背景には、最初の実証実験において、計画から評価まで、管理者が参加し、新技術の有用性を理解していたことや、地元で行ったSIP技術講習会における新技術の広報(周知)がある。

図-3に実証実験の概略図を示す(最初のA大橋は公開実証実験とした)。

■ 地域実装に至った成功要因と課題

今回の実証実験において、撮影を担当した地元建設コンサルタントは、大成建設SIP技術の使用について、大成建設と秘密保持契約を結び、自社で撮影からひび割れ解析までを行えるようになった。その結果、内陸の高架橋(PCT桁+PC箱桁橋)ではあるが、橋梁点検車、吊り足場、ロープアクセス工法などによる近接目視点検が困難な橋梁の点

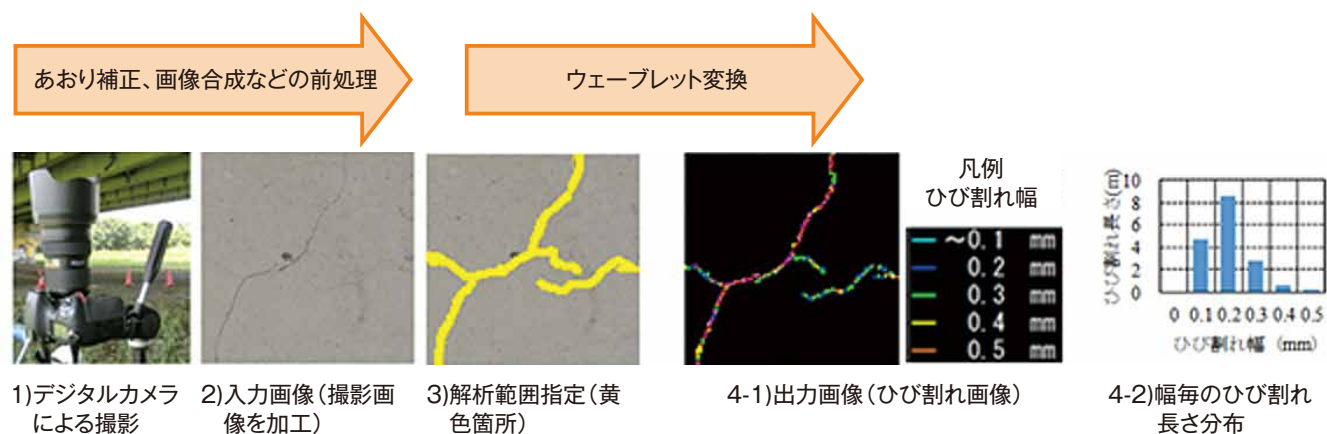
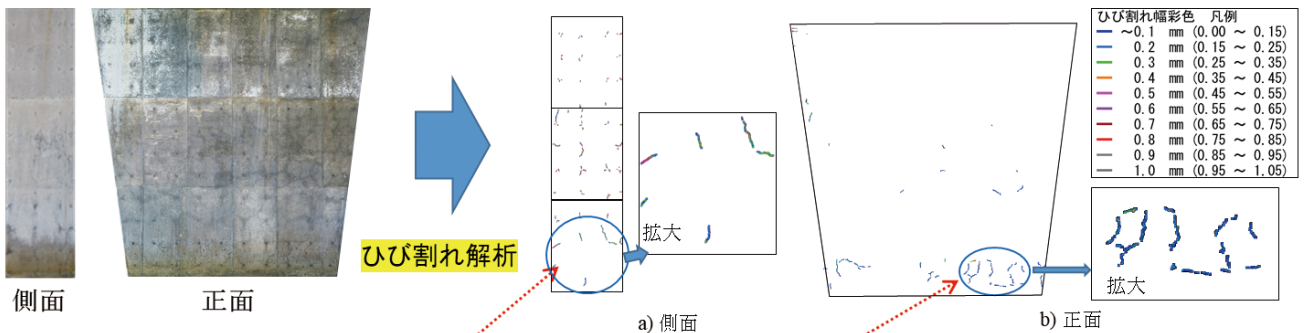


図-2 ひび割れ画像解析手法(大成建設SIP技術)

3離島架橋および1河川橋の実証実験の様子

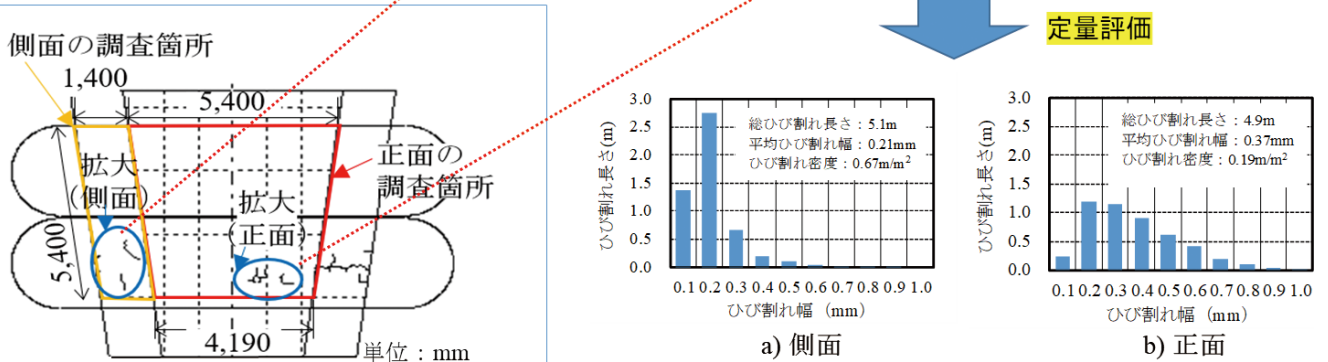


(a)実証実験位置図および状況



A大橋のP3橋脚起点側の撮影画像

A大橋のP3橋脚起点側のひび割れ図



A大橋のP3橋脚起点側の目視点検図

P3橋脚起点側のひび割れ幅毎のひび割れ長さ分布

(b)実証実験の結果の一例(A大橋)

図-3 実証実験の概略図

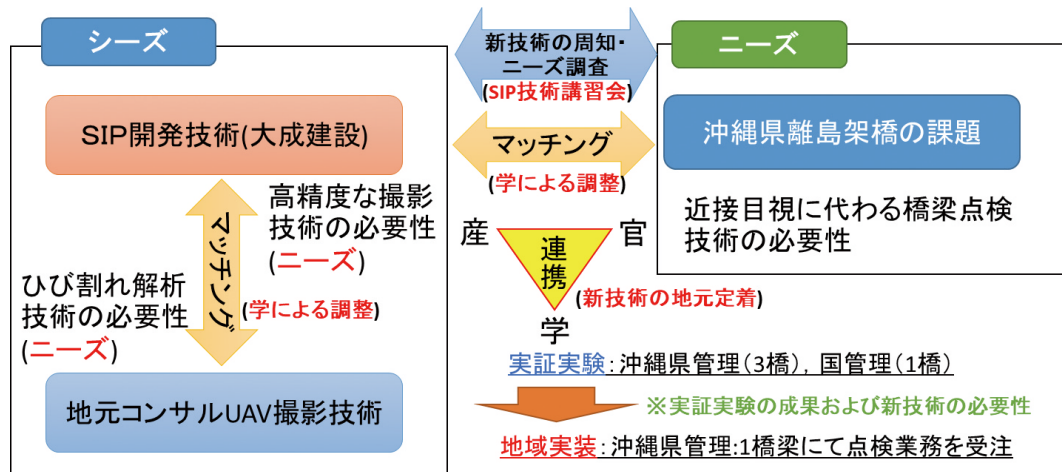


図-4 地域実装の成功要因

検業務の中のひび割れ点検に対して新技術が採用された。つまり、SIP技術が地元建設コンサルタントの技術として定着し、地域実装されたことになる。

地域実装に至った成功要因と課題について、以下のように考察し、成功要因については図-4のように整理した。今回の成功要因は、シーズの周知やニーズの調査、それらを繋げる(マッチング)ための工夫など、SIP地域実装支援チームとしての学の役割も重要であった。また、地元の産学連携を基盤に実証実験を実施することで、新技術に対する管理者の理解や新技術が地元技術として定着する助けに繋がると考えられる。

- ・成功要因1: SIP技術講習会による新技術の周知およびニーズ調査(学による運営・調査)
- ・成功要因2: 沖縄県の地理的特性、自然環境および塩害環境などから、沖縄県の離島架橋の点検に必要な新技術に対するニーズと、新技術のシーズとのマッチングの成立(学による調整)
- ・成功要因3: 大成建設SIP技術である「デジタル画像解析によるひび割れを検出する技術」と地元コンサルタントの「UAVによる高解像度のデジタル画像撮影技術」という2つのシーズのマッチングの成立(学による調整)
- ・成功要因4: 地元の産官学連携による実証実験の実施(新技術に対する管理者の理解および新技術の地元建設コンサルタントへの定着)
- ・主な課題(管理者、新技術利用者からのコメント): 近接目視点検の制約、新技術に対する基準、

ひび割れ以外の変状把握などへの対応

■ 新技術のコストメリット、 ■ 効率性、高度化について

参考のため、図-3の結果について、ロープアクセス工法を用いたひび割れ点検と本技術の点検費用および作業量についての比較の概略を示す。

2017年現在における点検単価を参考に、実橋梁(調査範囲: 橋梁部12,200㎡、床板部5,600㎡)においてロープアクセス工法と新技術のひび割れ点検費用を比較した。その結果、本技術による費用は、ロープアクセス工法の大よそ55%程度まで抑えることが概算された。また、現地での作業が従来の10%程度になることは大きな利点であると考えられる(効率性)。なお、比較に際し、従来の目視点検では、ひび割れ図の作図までとし、新技術による調査では、さらにひび割れ幅と長さの定量評価までとしている(高度化)。ここで、上記のコスト比較は調査範囲が広いコストメリットが大きく試算されているが、小規模な橋梁調査であればコストメリットは小さくなると考えられるため、すべてのケースで費用が従来の55%程度とはならないことを付け加えておく。

【本報告文の連絡先】

富山潤宛
〒903-0213 沖縄県中頭郡西原町千原1番地
琉球大学工学部工学科社会基盤デザインコース
Tel:098-895-8649、Fax:098-895-8677
E-mail:jun-t@tec.u-ryukyu.ac.jp

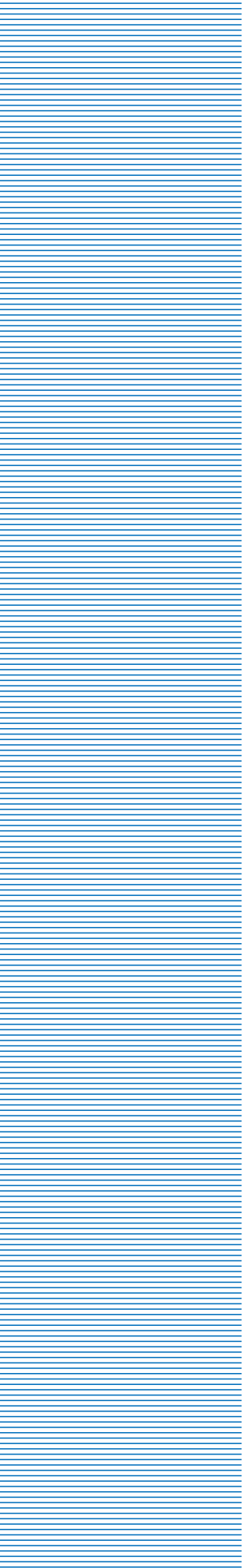


導
入

技
術

地
域

展
開



展 開



東北インフラ・マネジメントプラットフォームの構築と展開



久田 真

東北大学
教授

東北インフラ・マネジメントプラットフォームの概要

東北インフラ・マネジメントプラットフォーム(以下、プラットフォーム)とは、大学をはじめとする研究機関や企業、省庁、自治体が横断的に情報交換を行い、協力し合いながら各々の持てる力を社会のために徹底的に活かすために構築するものである。これは、いわばインフラ維持管理に関する知識・技術を実用化・事業化などの社会実装へと醸成する「社会実装のための苗床」であり、東北地方における産学官をネットワーク化し、研究開発された知識や技術を合わせて改良することで、社会実装につなげることを目的としている。

採択されたSIPプロジェクトにおいて開発目標

の一つとしたプラットフォームは、研究開発グループである東北大学と同学大学院工学研究科インフラ・マネジメント研究センター(以下、東北大学IMC)が中心となって運営体制を整備した。特に、プラットフォームの構成メンバーについては、東北大学IMCとインフラ維持管理に関する連携協定を締結してきた関係各機関をはじめ、国土交通省東北地方整備局が運営してきた「東北6県+仙台市橋梁保全官学連絡会議」ならびに本プロジェクトの構成メンバーである各県の拠点大学(八戸工業大学、岩手大学、秋田大学、日本大学)をコアメンバーとしている(図-1)。

プラットフォームは、2017年1月30日に開催された「第8回東北地方の橋梁保全に関するシンポジウム(主催:(公社)土木学会・東北支部、国土交

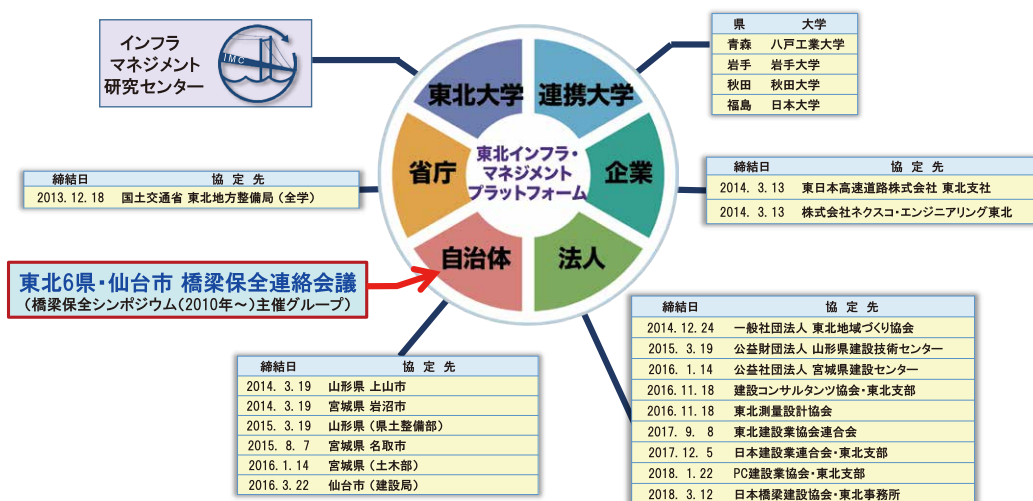


図-1 東北インフラ・マネジメントプラットフォームの連携体制

通省東北地方整備局、東北大学IMC)」でキックオフを宣言した。同年5月18日には「東北インフラ・マネジメント・プラットフォーム協議会」を開催し、今後の継続的な活動を目指している。なお、東北大学IMCでは、プラットフォーム構築後も関係各機関とインフラ維持管理に関する協定締結を展開しており、これに併せて、プラットフォーム協議会への参画メンバーを随時拡充している。

■ 参画機関からのコメント

仙台市建設局

高度経済成長期に建設した多くの橋やトンネルなどの老朽化が進行している状況であり、効率的・効果的な施設の保全に取り組んでいるところであり、技術力の向上など組織体制も含めて、対応力の強化が求められている。

このような課題に立ち向かっていくため、東北大学IMCが中心となる、『東北インフラ・マネジメントプラットフォーム』が構築され、本市としても発足から参加させて頂き、情報共有や技術力向上などに活用しているところである。

具体的な取り組みの一つとして、点検の効率化やコスト縮減に資すると期待される「球殻ドローン」を活用した橋梁点検の実証実験(図-2)に参画している¹⁾。実験フィールドの提供や意見交換などを通して、行政側のニーズを研究に反映するなど、より実用的なツールの活用につなげていくことができると考えている。



図-2 橋梁下部工への球殻ドローンの実証実験

また、インフラの維持管理に携わっている自治体職員向けの勉強会に参加し、各自治体が抱えている課題の共有のほか、新技術や工法などの情報交換ができ、非常に有意義であった。

プラットフォームは、行政だけでは解決が難しいインフラの課題に、産学官の総力戦で対応するための作戦会議の場としての機能をはじめ、施設管理者や技術者の次世代の担い手の育成にも繋がっていくものと期待している。

東日本高速道路(株)東北支社

NEXCO東日本グループは「地域社会への貢献：自治体などへの技術支援」を中期経営計画基本方針の重点計画として掲げており、東北支社は東北大学IMCが活動する「維持管理分野における自治体支援」等に関して相互協力の協定を締結している。そこで本目的を遂行するため、東北大学IMCが自治体を対象に開催するインフラ維持管理勉強会に東北支社グループとして積極的に参画してきたところである。

インフラ維持管理勉強会(図-3)では自治体が管理する橋梁や舗装の定期点検・補修計画・補修方法等に関する課題を直接議論するとともに、東北支社グループとしては高速道路事業で培ったノウハウに基づいた維持管理方法の紹介や課題解決に向けた技術的助言を行い、現実的な対応方法について意見交換をさせていただいた。産学官が連携したプラットフォームによる人的ネットワークを通じた技術支援の一事例として、微力ながら地域社会に貢献することができたとすれば幸いである。



図-3 インフラ維持管理勉強会の様子

【参考文献】

- 1) <https://www.tohoku.ac.jp/japanese/2017/05/award20170519-01.html>(最終閲覧日:2018年10月15日)

【本原稿の連絡先】

久田 真 宛
〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉6-6-11
東北大学工学研究科インフラマネジメント研究センター
Tel:022-721-5503
E-mail:makoto.hisada.b4@tohoku.ac.jp

九州橋梁・構造工学研究会(KABSE)と連携した 新技術の評価活用



松田 浩

長崎大学
教授



山口 浩平

長崎大学
准教授

九州・山口地域への展開

長崎大学は2008年度から産官学の緊密な連携の下で、維持管理に関する人材育成プログラム「道守養成」を継続している。養成した修了生が長崎県下で維持管理に関する専門技術者として活躍できる環境が整い、最新の点検・診断技術を用いて維持管理業務・工事に当たる環境が整っていた。道守養成講座が社会的評価を得ていることから、SIPの「アセットマネジメント技術の研究開発」の要求に応えられると判断していた。

九州・山口地域に目を向けると、(一社)九州橋梁・構造工学研究会(KABSE)を中心に各県に在籍するインフラ管理者・研究者・技術者による分科会、講習会、報告書の作成等を通じて、連携して研究開発に取り組めるネットワークが完備している。

以上のことから、KABSEに対して九州・山口地域を対象としSIP等の研究開発成果を実装することを目的とした「インフラ維持管理に向けた革新的先端技術の社会実装の研究開発」と題する研究提案書を提出した。研究提案書作成に当たっては、SIPの開発技術の個々の内容が十分に把握できない中で、九州・山口地域の研究成果を踏まえつつ、研究分野や研究項目を設定した。

SIP長崎大学チームの組織編制

図-1にSIP長崎大学チームの組織編制を示す。同図の実装支援グループは、九州・山口8県の各自治体との連携構築および実装支援のために、県ごとに小グループを設けて、1名に県別代表者になってもらった。

一方、KABSE「インフラ維持管理・更新・マネジメントに関する新技術の社会実装支援に関する研究分科会」(以降、KABSE-SIP分科会と略記)のメンバー構成は、県別代表者に加えて自治体職員、点検コンサルタント職員、補修補強メーカー等の技術者である。

KABSEには図-2に示すように国交省、九州7



図-1 SIP長崎大学チームの組織編制

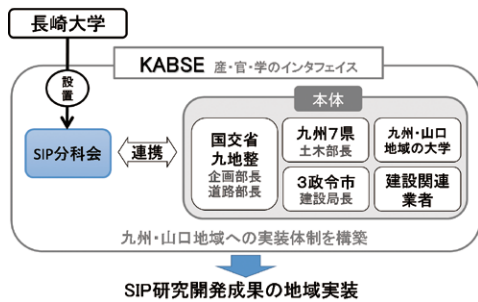


図-2 KABSEにおけるSIP分科会の地域実装体制

県、山口県、3政令市等のインフラ管理者もメンバーとして参画されている。したがって、新技術を実装または実証する現場の確保等をスムーズに進めるためにも、KABSEと連携を図ることが不可欠である。実際に、SIP長崎大学チームとして、2018年11月～12月に、国土交通省九州地方整備局管内の橋梁を用いて現場実証試験を実施した。

KABSE-SIP分科会の活動内容

KABSE-SIP分科会は、九州・山口地域の橋梁、特に中小橋梁を対象として、主に定期点検におけるSIPインフラ新技術の社会実装を推進することを目的として設立された。SIPインフラの各開発技術によりこれまでに研究開発されてきた新技術を評価し、特に九州・山口地域の地方自治体が管理する公共土木インフラの維持管理・更新・マネジメントにおいてそれらの新技術を社会実装する上での課題と解決策について検討するとともに、さらに、新技術の地域実装を図るための仕組みについて検討している。活動期間は、2017～2018年度で、これまでに3回の全体分科会を開催した。

KABSE-SIP分科会は次の二つの活動を柱に活動している。

- ①WG1:SIPの開発技術と現場の課題のマッチング
- ②WG2:実証試験結果の評価・分析

WG1では、SIPインフラでの継続中の開発技術について、特徴・技術レベル・適用性・コスト等を精査する。さらに、橋梁の点検や診断に係る橋梁コンサルタント等の技術者から、地方自治体管理の橋梁の点検での現場の課題(例えば、不可視箇所、目視点検での限界、コスト面、等々)をヒアリングして、SIPインフラの開発技術と現場の

課題のマッチングを図るとともに、シーズの優劣評価とニーズ分析等も行う。

WG2では、橋梁での実証試験結果の情報を各チームから収集し、それらのSIPインフラ開発技術の実用性や課題等を評価・分析する。

なお、WGを設置するにあたり、以下のような意見もあった。

- ・コンサルタント等の実際に点検に携わっている技術者に、点検に際してのトラブル、困った点等を纏めることもよい。
- ・不可視箇所の点検には、新技術の適用可能性があるのではないか。
- ・新技術は詳細調査や補修設計に適すると考えられるため、本分科会では「定期点検」に拘らないこととした方がよいのではないか。

さらに、2018年7月19日開催のSIPインフラ技術交流会において、出展された橋梁の維持管理業務に資するSIPインフラ開発技術を対象に、KABSE-SIP分科会の活動の一環として、以下の六つの質問についての情報を収集した。

- ①研究開発当初の目標に対しての現在の達成度はどの程度でしょうか。
- ②研究開発当初の目標に対して、できたこと、できなかったことを示して下さい。
- ③地域実装支援チームから現場実証試験の要請はありましたか。また、その計測結果についての要求精度は十分でしたか。
- ④定期点検等の実際の業務への実装の実績はありますか。
- ⑤次年度以降の研究開発や社会実装に向けた活動方針は検討されていますか。
- ⑥開発技術は定期点検、詳細調査、補修設計等、どのような業務への実装が最も可能性がありますか(近道か)。

これらの収集結果は現在取り纏め中であり、上記2WG活動の成果も含めて改めて報告したい。

【本報告文の連絡先】

山口 浩平 宛
〒852-8521 長崎市文教町1-14
長崎大学大学院工学研究科
Tel:095-819-2591
E-mail:kohei@nagasaki-u.ac.jp

北陸地方の自治体職員を対象にした 人材育成の取組み



宮里 心一

金沢工業大学
教授



鳥居 和之

金沢大学
特任教授



花岡 大伸

金沢工業大学
講師



深田 宰史

金沢大学
教授

地元での技術展示会

北陸地方等の都市圏以外では、新技術・新商品に関する展示会の開催頻度が少ない。また、東京ビッグサイト等へ出向く自治体職員の時間や旅費は不足している。そのため、新しい情報等を入手しにくい実情がある。この様な背景を踏まえて、北陸地方における市町の職員を対象にした技術展示会を、地元で開催した。

技術展示会の概要を表-1と図-1に示す。市町の職員ならびに展示者の要望などを踏まえ、同日の午前と午後に分けて2会場で開催した。また日程は、議会の開催期間と除雪対策期間を除外し決定した。

図-2に技術展示会に参加した人の立場(職種)の割合を示す。これによれば、来場者の約3割が市町の職員であったことを確認できる。したがって、当初の目的どおり、北陸地方における市町の職員へ向けた技術展示会が開催できたと考える。

表-1 技術展示会の開催概要

会場	年月日	時刻	参加者
金沢工業大学	2017年 11月6日	10～12時	139名
富山市民プラザ		15～17時	86名



(1)金沢会場



(2)富山会場

図-1 技術展示会の様子

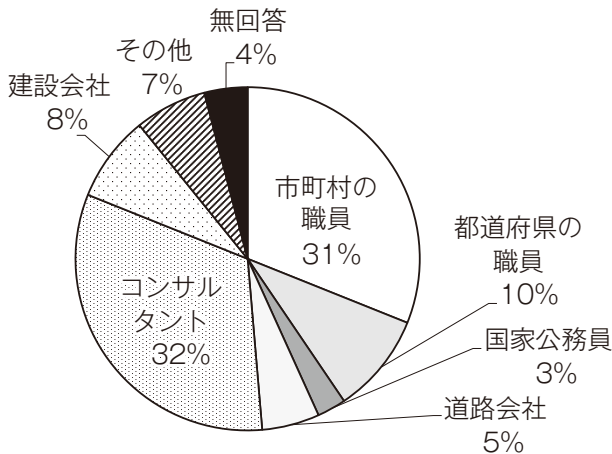


図-2 技術展示会への参加者の職種

展示テーマを、表-2に示す。内訳は点検に関するテーマが11件、補修に関するテーマが5件、および、その他に関するテーマが2件であった。

図-3に展示テーマに関するアンケート結果を示す。ここでは、「直ぐにでも使ってみたい」、「試しに使ってみたい(試行)」および「もう少し話を聞いてみたい」の前向きな回答の和が多い順に、左端から並べた。これによれば、構造物の点検に関するテーマ(A、B、C、D、Fなど)において、「直ぐに使ってみたい」や「試しに使ってみたい」との回答が多くみられた。特に、特殊な機器や能力の高い技術者のみが使用できる高度な点検技術ではなく、簡易な点検技術が望まれていた。一方で構造物の劣化モニタリングや補修に関するテーマについては、「直ぐに使ってみたい」との回答が比較的少なかった。これは、現状の地方自治体におい

表-2 展示テーマ

記号	テーマ	分類
A	走行型高速 3D トンネル点検システム	点検
B	AI による打検システム	点検
C	橋梁点検ロボットカメラ	点検
D	橋梁・トンネル点検用打音検査飛行ロボット	点検
E	飛行型インフラ点検ロボットシステム	点検
F	タブレット端末を用いた橋梁点検システム	点検
G	表面含浸材による予防保全	補修
H	特殊ウレタン樹脂による表面被覆工法	補修
I	再劣化を防止する補修工法	補修
J	構造物の劣化調査技術	点検
K	コンクリート・鋼構造物の総合的補修技術	補修
L	塩害モニタリング技術の紹介	点検
M	橋梁の維持管理技術	補修
N*	ドローンやラジコンボードを利用した遠隔撮影	点検
O	商用無線回線を使ったモニタリングシステム	点検
P	ASR 簡易診断および凍害抵抗性診断技術	点検
Q	コンクリート落下対策と最新のアンカー技術	その他
R	AI 技術を活用した健全性判定支援システム	その他

ては、道路橋の点検が義務化されており、補修が必要な部位を発見しても、事後保全(補修)費用を捻出しづらく補修業務に直面する機会が少ないことが理由のひとつとして考えられる。

また、技術展示会の感想を図-4に、希望する展示会の開催頻度を図-5に示す。これらによると、技術展示会は有意義であったとの回答が約8割を占め、開催頻度は1回/年程度が良いとの回答が多かった。

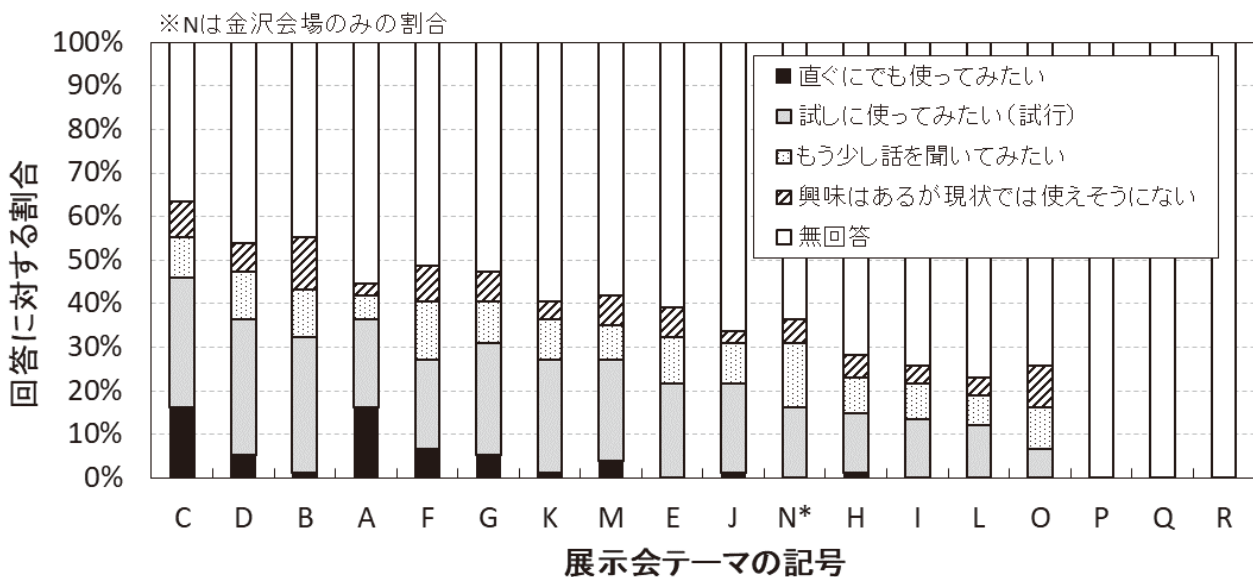


図-3 展示テーマに関するアンケート結果

セミナー等の開催

北陸地方では、学会等による技術的な講習会の開催頻度も少ない。このような背景を踏まえて、北陸地方における市町の職員を対象にしたセミナーや報告会および現場見学会を、表-3、表-4や図-6、図-7のとおり地元で開催した。多くの自治体職員が参加し、官学連携による人材育成を図っている。加えて、コンクリート診断士会との共催もあり、所属する地元のコンサルタントに勤める技術者も参加し、地域全体での技術力の向上も推進している。

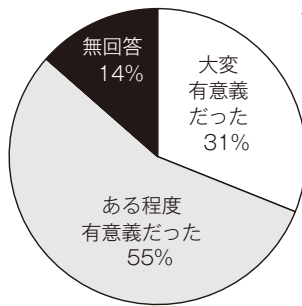


図-4 展示会の感想

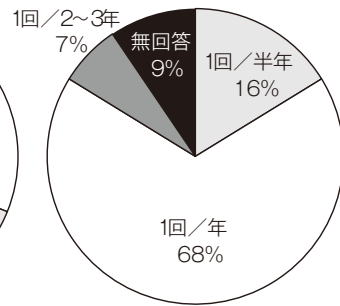


図-5 展示会の希望頻度

表-3 北陸地方で開催したSIP主催のセミナー等

開催日	会場	テーマ	参加人数
2014.12.9	KKR ホテル金沢	キックオフシンポジウム	96
2015.3.27	金沢大学	コンクリート橋の塩害劣化と電気防食工法による対策事例	112
2015.8.28	富山県民会館	富山県市町村職員を対象にした出前講義	40
2015.9.1	福井建設センター	福井県市町村職員を対象にした出前講義	38
2015.9.25	金沢大学	北陸地方における ASR 問題の解決のために今、何をすべきか	106
2015.10.1	石川県地場産業振興センター	石川県市町村職員を対象にした出前講義	50
2016.6.3	金沢大学サテライト・プラザ	点検・調査を進化させ効率よく維持管理するための取り組み	70
2016.7.29	金沢大学	フライアッシュコンクリートの活用と実績	120
2016.9.13	金沢都ホテル	ブリッジマネジメントに関するシンポジウム	80
2016.9.30	KKR ホテル金沢	北陸地方における ASR 問題の解決を目指して	140
2017.3.14	金沢工業大学	WG1 の活動実績報告会	230
2017.3.24	福井大学	橋梁の老朽化に伴う性能低下に関する公開実験	34
2017.5.18	金沢大学サテライト・プラザ	橋梁アセットマネジメントに関する特別講演会	90
2017.6.1	金沢大学	北陸地方でのフライアッシュコンクリートの活用を目指して	130
2017.6.14	金沢大学	GIS 講習会 (1 回目)	13
2017.7.19		GIS 講習会 (2 回目)	17
2017.7.28	富山県立大学	橋梁の老朽化に伴う性能低下と適切な維持管理への動きについて	45
2017.12.7	KKR ホテル金沢	平成 29 年度北陸 SIP 研究成果報告会	110
2018.4.27	石川県地場産業振興センター	これからの維持管理を担う人材をいかに育成するか	200
2018.9.7	KKR ホテル金沢	フライアッシュコンクリートの地域実装	120
2018.11.21	福井県県民ホール	これからの維持管理の技術を考える	360
2019.2.15	富山市インテック	これからの維持管理を支える技術と人材に何が必要か	200(想定)

表-4 北陸地方で開催したSIP主催の現場見学会・公開実験

開催日	主な会場	テーマ	参加人数
2015.2.25	金沢大学	フライアッシュコンクリートを用いた大型構造物載荷試験装置スラブの打設	82
2015.11.12	富山県内の 2 橋	富山県市町村職員を対象にした点検のデモンストレーション	21
2018.3.24	手取川橋梁施工現場の敷地内	高強度フライアッシュコンクリートのポンプ圧送試験	40
2018.7.27	金沢大学、大慶寺橋、金沢高架橋	流電陽極方式電気防食工法	40
2018.10.26	大慶寺橋、金沢高架橋		40



図-6 フォーラムの様子



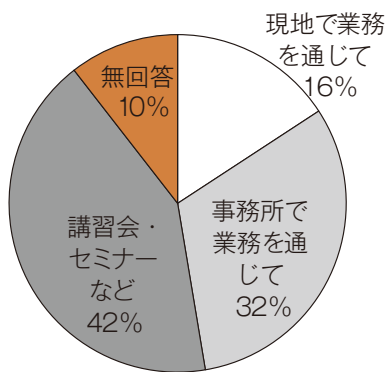
図-7 現場見学会の様子

ここで、2017年3月14日に開催した報告会における来場者に対して、アンケートを実施した。その内、維持管理に関する勉強方法(選択式、複数回答可)と、維持管理に関する勉強会の機会(選択式)の回答結果を図-8と図-9に示す。これらによると、市町のみならず県の技術職員においても、道路橋の維持管理に関する勉強の必要性は感じており、多様な手段で取り組んではいるが、不足気味であることを確認できる。したがって、この種の

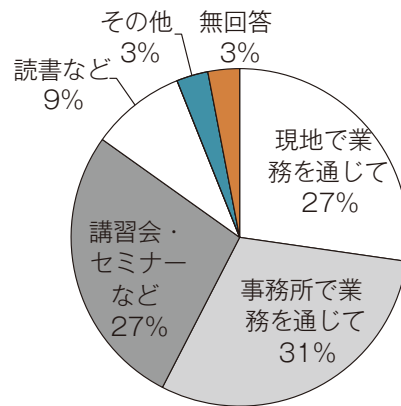
セミナーや現場見学会の開催は望まれていると判断できる。

【本報告文の連絡先】

宮里 心一 宛
〒924-0838 石川県白山市八束穂3-1
地域防災環境科学研究所
金沢工業大学工学部環境土木工学科
Tel:076-274-7798、Fax:076-274-7102
E-mail:miyazato@neptune.kanazawa-it.ac.jp

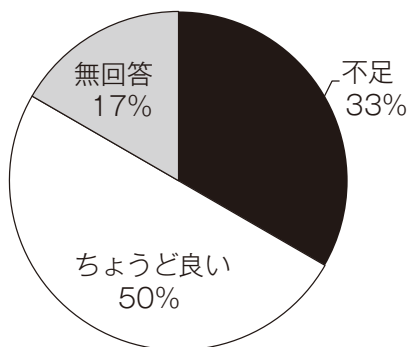


(1) 市町の技術職員(12名)からの回答結果

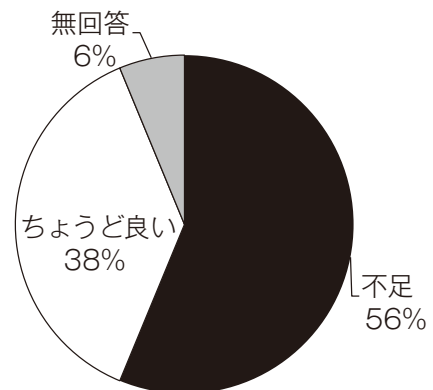


(2) 県の技術職員(16名)からの回答結果

図-8 自治体職員の維持管理に関する勉強方法



(1) 市町の技術職員(12名)からの回答結果



(2) 県の技術職員(16名)からの回答結果

図-9 自治体職員の維持管理に関する勉強会の機会

新技術実装を担うスーパー道守構想



松田 浩

長崎大学
教授



高橋 和雄

長崎大学
特任研究員

道守養成講座の概要と認定者の活動

2008年度から開始された長崎大学の道守養成講座は現在では国土交通省の点検、診断に関する民間資格として登録されている。道守養成講座の教育プログラムは、学習ユニット積み上げ方式で、技術者に対しては道守補コース、特定道守コースおよび道守コースの3ステップから構成される(図-1参照)。2018年4月現在の養成人数は、道守補260人、特定道守62人および道守31人となっている。長崎県や建設業界と連携を図りながら県内振興局ごとの維持管理する橋梁や道路斜面の数を勘案した養成人数を設定したため、県内くまなく養成され、地域バランスを反映した養成者数となっている。また、県や市町の管理者も戦略的に受講したことから、認定者の20%は県や市町の職員が占める。これらのことにより、公共工事に活用しやすい環境が整えられつつある。長崎県の方向性を定めた長崎県総合計画や国土強靱化長崎県地域計画にも「道守の活用」が位置付けられている。

新技術の活用の提案

国土交通省が2014年度に道守認定者を民間資格に登録したことを受けて、長崎県建設産業団体連合会が設置した産官学連携建設業人材確保育成

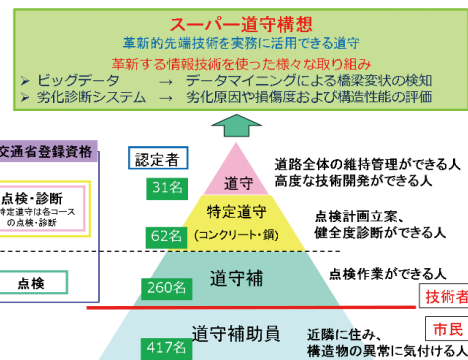


図-1 道守養成講座のコースと内容

協議会(2015年1月開催)において、長崎大学松田委員より「道守認定者の活用」が提案され、ワーキンググループ「道守活用検討部会」が設置された。

事業計画としては産官学が連携して公共インフラ維持管理人材の育成・資格の活用に加えて新技術導入・普及を検討するものである。新技術の活用効果として、道守認定者が大学発等の最先端の点検・診断・補修技術を用いて維持管理の業務や工事に当たれば、品質の確保やコストの縮減、地域の建設業の競争力向上、雇用の確保等に繋がる事が期待されている。

スーパー道守の構想

新技術の活用を具体化しようとするまさにその段階でSIPインフラ(以下、SIPと略記)の地域実装支援の公募がなされ、長崎大学はSIP開発技術等の地域実装の担い手として、道守認定者を想定

した企画を提案した。道守認定者を対象とした技術講習会等の開催により、「スーパー道守」の養成を長崎県等と連携して実施し、道守認定者が新技術を活用して、点検・診断・補修等ができるようになるものである(図-1参照)。地域実装支援の事業が開始されると、スーパー道守の養成に備え、SIP技術説明会および現場実証試験の計画を道守認定者に案内して、出席者を募った。説明会等には道守認定者が毎回出席し、実務の経験を踏まえた新技術の活用等のアドバイスを積極的に行った。

道守認定者へのアンケート調査

道守認定者のうち、スーパー道守養成の対象者と想定される特定道守と道守認定者93人に対する「SIPの認知度とスーパー道守に関するアンケート調査」の結果(2018年9月実施、回収率74%)を紹介する。SIPの中に「維持管理・更新・マネジメント技術の研究開発が行われていることを知っていましたか」に対する回答は表-1に示すとおりで、70%が「知っていた」としているが、具体的に「研究開発技術の内容を調べた」は31%で3分の1程度である。長崎大学が九州・山口地域の地域実装支援の拠点であることを54%が知っており、「技術説明会・現場実証試験への参加」および「刊行物等による紹介」で活動を知っている(表-2)。

「使用したいSIP等のインフラ維持管理の新技術の内容」を複数回答で聞いたところ、「適切な補修・補強方法を選定できる技術」や「点検困難な箇所を容易に確認できる技術」等の現場ニーズが高いものが選ばれており、管理者のニーズである「点検にかかる費用を削減できる技術」は少ないことに特徴がある。

具体的なスーパー道守コースのプログラム等の提示には至っていない現段階で、「スーパー道守構想に関する評価」を求めたところ、図-2の結果を得た。「評価できる」は約半数の47%である。「評価できない」は合わせて少なく、現時点では判断の材料がないことから49%が「わからない」としている。このスーパー道守コースが開設されたら、「受講を希望する」が36%になっている(図-3)。

SIPの地域実装支援の取組みで、道守認定者に

SIPに関する認識は進んできているが、まだ十分とは言えない。SIPの開発技術が現場で活用できる状況に合わせて、スーパー道守構想を具体化していくことが次のステップである。

表-1 SIPの中に維持管理・更新・マネジメント技術の研究開発が行われていることを知っていたか(N=69)

項目	%
知っていた。研究開発技術の内容を調べた	31
知っていた。しかし、研究開発技術の内容は知らない	39
知らなかった	30

表-2 長崎大学が九州・山口地域の地域実装支援の拠点であることの周知状況(N=69)

項目	%
知っていた。説明会・現場実証試験に出席した	17
知っていた。刊行物、新聞記事等で内容を知っていた	19
知っていた。しかし、活動内容は知らない	18
知らなかった	46

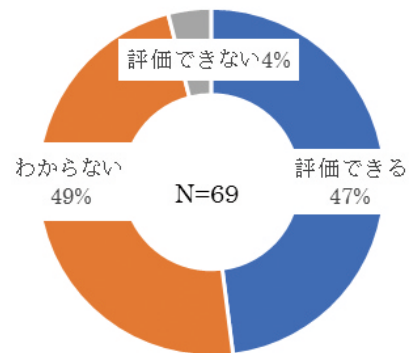


図-2 スーパー道守構想に対する評価

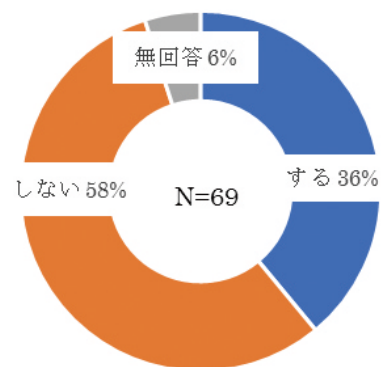


図-3 スーパー道守の受講希望

【本報告文の連絡先】

松田 浩 宛
〒852-8521 長崎市文教町1-14
長崎大学大学院工学研究科
Tel/Fax:095-819-2590
E-mail matsuda@nagasaki-u.ac.jp

沖縄発！橋梁点検実務者の技術力向上を 目的としたブリッジインスペクター研修



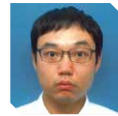
下里 哲弘

琉球大学
准教授



田井 政行

琉球大学
助教



須田 裕哉

琉球大学
助教

ブリッジインスペクター研修

琉球大学SIPでは、橋梁定期点検精度の確保と橋梁点検技術者の技術向上を図ることを目的とし、橋梁点検技術者育成研修「ブリッジインスペクター研修」を立ち上げ、2017年11月18日、19日に平成29年度の研修会を実施した。

本研修会では、橋梁定期点検において近接目視（触診や打音を含む）を実施する技術者を対象として、橋梁を点検するために必要な知識や点検技術を修得するとともに、沖縄特有の塩害劣化損傷や強風による疲労損傷についての特性を理解することで、沖縄県内の橋梁点検を确实且つ適切に実施できる技術者の育成を目的としている。

研修内容は、1日目に座学として橋梁点検における一般概論、国土交通省の橋梁定期点検要領

(H26.6)に基づく概論(定期点検の目的や頻度、点検計画、損傷状況の把握、対策区分の判定、健全性の診断、結果の記録)を行い、沖縄特有のコンクリート橋、鋼橋等の損傷事例や最新の維持管理技術に関する紹介も行う。2日目は実技(打音検査、損傷図のスケッチ等)を行い、研修の最後には試験を実施し、合格者は「ブリッジインスペクター」の称号を与える。また、SIP開発技術の研究者を招聘し技術紹介も行う。「ブリッジインスペクター」の認定試験は「橋梁定期点検要領(H26.6)」および研修会の各講義に基づき、実際の橋梁点検時における調査・点検に必要な知識を有し、正確な点検の実施を確認するものとしている。講師陣は、琉球大学工学部工学科社会基盤デザインコースの教員および国・県・市・民間等の専門技術者で構成される。主な研修の対象者は、図-1に示される実際に定期橋梁点検業務を行っている技術者とし、発

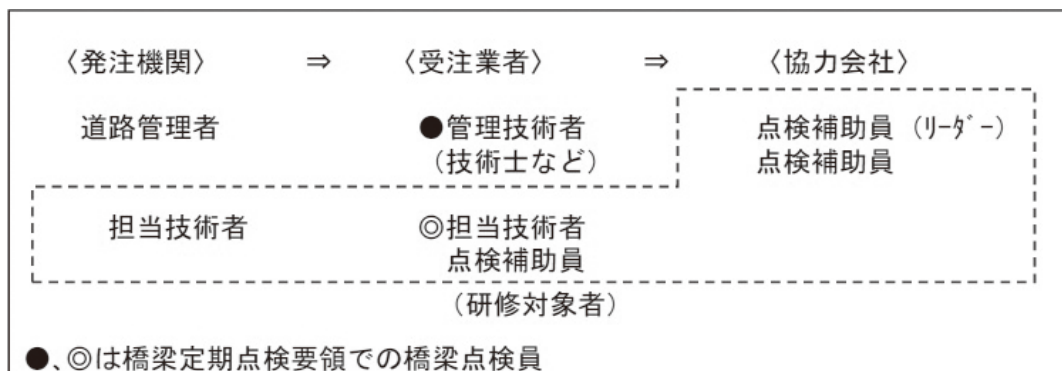


図-1 研修対象者のイメージ(※役割分担は一例である)



図-2 研修会の様子(左:座学 右:実技講習)

表-1 点検要領に関する意見

<ul style="list-style-type: none"> ✓対策区分の判定が難しい ✓実務段階では判定で戸惑うことが出てくると思う ✓損傷の大小など、客観的な評価が難しい場合がある ✓近接点検などは、どうしても主観が入ってしまう。その主観的な要素をなるべく少なくするためには、密に内容の把握が必要と思われる ✓損傷を示す図や写真の例があまりにも少ない。これでは、点検を行う人によって、結果に溝が生じる ✓定期点検結果について、点検調書のひな形(記載例)があれば理解しやすいと思います ✓事例写真が多いと助かると思います ✓箱桁内部で部材番号を振り分ける際に立体的に部材が配置されている場合(上下、左右に配置されている)どのように分けるか ✓損傷の判定まで、写真からフローによる説明等があれば解りやすくなると思います ✓損傷事例の写真があれば解りやすい ✓点検項目の標準の腐食と防食機能の劣化の判断線引きが個人個人で差があり難しく思う ✓似ている損傷の文言 ✓橋脚におけるRC巻立て、鋼板接着、床版下面における炭素繊維シート接着等、の劣化が著しい場合、本体構造物の点検はどの様に扱えば良いのでしょうか？ 	<ul style="list-style-type: none"> ✓植栽に覆われた場合の対応はどの様にすれば良いのでしょうか？ ✓腐食の損傷深さ大、小の板厚減少の程度の境 ✓腐食、防食機能の劣化において劣化範囲が局部的で点錆が生じている場合の判定等 ✓損傷判定の個々のバラツキをなくすための研修。又、要素番号の振り方に各社バラツキがある ✓判定が難しい。個人差がある ✓損傷評価(どの程度ならc1、c2など) ✓イレギュラーに設置された部は要素番号の設定(ex)排水管(下面の導水部)落防等(ケーブル、コンクリートブロック、拡幅) ✓損傷評価基準の程度区分について、どちらに分類すべきか迷うことがある ✓点検の実験が少ない為、損傷評価基準の判定総体的に難しいですが、今後はより多くの現場を見ること見落とし、あるいは不適切な評価とならないよう励んでいきたいと考える
---	--

注機関の担当技術者も受講を可能としている。

ブリッジインスペクター研修の運営については、琉球大学SIPを主体として、沖縄県、沖縄総合事務局の橋梁管理責任者および技術士の資格を有している沖縄しまて協会(旧 沖縄建設弘済会)・沖縄県建設技術センターによって構成される橋梁点検技術準備会議が企画や研修内容の調整を行う。

■ 研修の参加者とアンケート結果

平成29年度は、座学と実塩害劣化桁を用いた実

技の研修および試験を2日間かけて実施した(図-2)。研修会の参加者は44名であり、合格者は14名であった(合格率31.8%)。参加者へのアンケートを実施した結果、参加者は実際に橋梁点検を実施している元請けや下請け業者の担当者、責任者が多く、参加者の約75%を占めていた。また、実際の業務に関する回答では、点検計画書の作成や現地での損傷図の作成、点検調書や報告書の作成など、多くの業務を担当していることがわかった。研修会に関する回答では、継続的なスキルアップのための講習会の開催を望む意見や実技研修を含

表-2 SIP開発技術に関する意見

<ul style="list-style-type: none"> ✓電源は無線化で目視点検レベルの調査を希望します ✓リースおよび販売予定価格はいくらですか？ ✓機械の小型化は可能ですか？ ✓打撃以外の点検方法はないのでしょうか(例えば、赤外線とかレーザー、超音波など) ✓コンクリート橋の場合の説明が主であったが鋼橋の場合の点検も考えられていますか ✓打音検査のハンマーロボットは、打音検査による個人の点検の点検誤差による点検ミスが少なくなると考えます。現場でのチェックのみではなく、打音検査としての調査結果が書面に残すことが可能であれば今後の調査方法に役立ちそうである ✓経済性、人材不足の観点からもとても有効な方法だと思います。気になる点としては、海上橋等風が強い場所での対応、発注が増えた場合の点検ロボットの確保が気になります。打音技術については、技術者による評価のバラツキも解消されるとの事なので、手持ち機械や、テストハンマの代替えとしても開発を進めてほしいと思います 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ドローンを使用しての調査時間が、一般的な調査より、時間を要する事が気になりました。また、ドローンによる調査で、点検調書の様式をコンピュータで自動的に作成する事が、できるのはすばらしいと思いました ✓飛行ロボットによる点検システムの話は非常に有意義なものでした。今後、業務で活用できる際は、金額や操作性の話をつまえて詳しく聞きたいと思います。現在は、ドローンと点検システムの機械はセットだと思いますが、各会社で保有しているドローンに点検システムの機械をとりつける事が可能となるか確認したいです ✓SIPについては、第三者点検との併用が困難であると考えられる為、下部工の点検車で可能な範囲～船上、地上点検で可能な範囲の中間部の点検で使用してみたいと思います。対象橋梁が自動車道で桁下が国道交差点部の場合、橋面は歩道が無く、桁下も落下が許されない状況における際の運用は難しいでしょうか(下部工中間部や、箱桁断面部等)。沖縄での運用は、ロープアクセスの代用となるのかな？というのが個人的な感想です
--	---

めた研修が有益であったという意見が多かった。以上のことから、研修会の内容が参加者の実際の業務内容と合致しており、研修会を通じた技術者の継続的な育成が沖縄県内の橋梁点検における技術力および点検精度の向上において重要と考えられる。

表-1に講習会で使用した点検要領に関する自由意見を示す。回答では、損傷の判定や区分についての判断が難しく、個人差が生じやすいといった意見が多くあげられた。表-2に、1日目の講習会で実施したSIP開発技術「近接目視・打音検査等を用いた飛行ロボットによる点検システムの研究開発」に関するアンケート結果を示す。回答では、実際の点検業務でSIP開発技術の利用を望む意見や点検による個人的誤差を減らすことが可能で技術の有用性を示す意見、更なる技術の発展を望む意見が多かった。したがって、新技術を利用した新たな点検業務への期待が大きいことがわかった。

■ 研修を通じた技術力向上と ■ 新技術への期待

研修会を通して、実際に点検業務に係る技術者の技術力向上への意欲は高く、継続的な技術者育成の場となる研修会の意義は大きいものと考えられる。また、点検業務における新技術に対する期待は大きく、新技術を効果的に現場へ利用するこ

とで、点検業務における効率化が図れるものと考えられる。今後も同様の研修を実施し、県内技術者の技術力向上を図るとともに、SIP技術開発の実装体験やニーズ・シーズの重要性を習得し、重要な社会基盤の一つである橋梁の維持管理マネジメントへの理解度を深める予定である。

【本報告文の連絡先】

須田 裕哉 宛
〒903-0213 沖縄県中頭郡西原町千原1番地
琉球大学工学部工学科社会基盤デザインコース
Tel:098-895-8570、Fax:098-895-8677
E-mail:ysuda@tec.u-ryukyuu.ac.jp

厳しい塩害環境下の沖縄における産官学連携による 橋梁保全マイスターの育成と新技術検証



下里 哲弘

琉球大学
准教授



田井 政行

琉球大学
助教



有住 康則

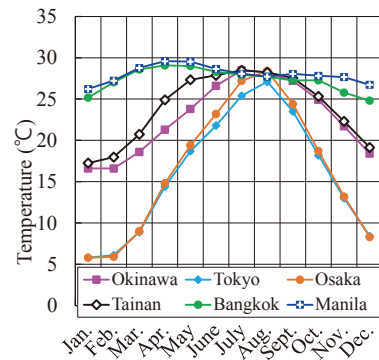
琉球大学
教授

沖縄における人材育成の必要性

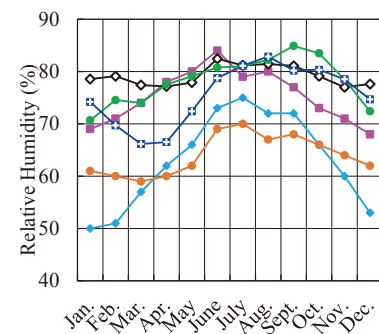
沖縄地域の橋梁は、1972年の本土復帰と1975年の沖縄海洋博覧会を契機に、使用材料等の考慮が不十分なまま急ピッチに建設された橋梁が多い。また、沖縄は図-1に示すように、高温多湿であり、年間を通じて強風環境下にあるため、飛来塩による塩害環境が厳しい地域である。それゆえ、近年、塩害劣化した橋梁インフラが急激に増加している。今後、益々増加する劣化橋梁に対する的確な維持管理を行うためにも、構造物の残存性能を判断する実践診断力と適切な補修・補強法を選定する実践処置力を有した技術者を育成する必要がある。本稿では、沖縄県で実施している橋梁保全マイスター育成の取り組みについて紹介する。

橋梁保全マイスターの育成

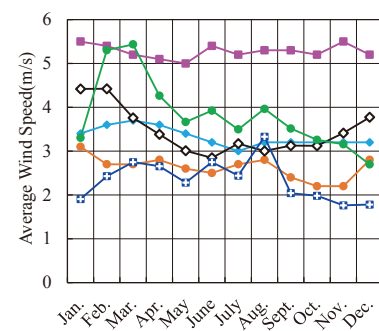
損傷が生じた橋梁の維持管理を適切かつ確実にを行うためには、劣化進行過程のメカニズム、点検技術の原理、実験・解析結果の評価能力、実践診断力・処置力を修得した「橋梁保全マイスター」(図-2)が必要である。琉球大学では橋梁管理者である沖縄総合事務局とともに「橋梁保全マイスター会議」を立ち上げ、橋梁保全マイスターとともに劣化橋梁に対する点検・診断を通じて、実践診断力および



(a) 平均気温



(b) 平均湿度



(c) 平均風速

図-1 平均気温、湿度、風速の比較

び処置力の養成を行っている。

土木学会西部支部沖縄会と連携して、大学2名、沖縄総合事務局8名(うち橋梁保全マイスター7名)、NEXCO西日本3名、民間企業10名で構成される「インフラの劣化予測と残存性能の診断に関する小委員会」を設立し、実塩害劣化橋梁の調査、点検、診断、補修・補強法の選定を通じて、各種診断機器の原理・操作と計測結果の分析・診断の研修を行っている。これにより、高齢化するインフラの維持管理を適切かつ確実にを行うための劣化進行過程のメカニズム、点検・解析結果の評価能力、実践診断の経験等の修得が期待される。

このような産官学協同での新技術の検証を行うことで、管理者・実務者等の視点からのニーズや実装に向けた課題の抽出が可能となるため、より現場適用性の高い技術開発に繋がるといえる。また、沖縄県内の実橋梁においても実装を予定しており、実装展開の観点からも有効であるといえる。

【本報告文の連絡先】

下里 哲弘 宛
〒903-0213 沖縄県中頭郡西原町千原1番地
琉球大学工学部工学科社会基盤デザインコース
Tel/Fax:098-895-8666
E-mail:simozato@tec.u-ryukyuu.ac.jp

■ 新技術の実装検証

この小委員会の活動の一環として新技術の性能検証も行っており、SIP技術の実装も行っている。委員会ではRC内の鉄筋の腐食環境を計測可能な腐食環境センサの実装検証(図-3)を行っている。実装検証にあたっては、まず琉球大学に設置された実塩害劣化試験体に腐食センサの設置・計測を行い、精度検証を行うとともに計測時の留意事項の抽出を行っている。今後、沖縄県北部で激しい塩害劣化により通行止めに至ったPC橋梁への適用を予定している。

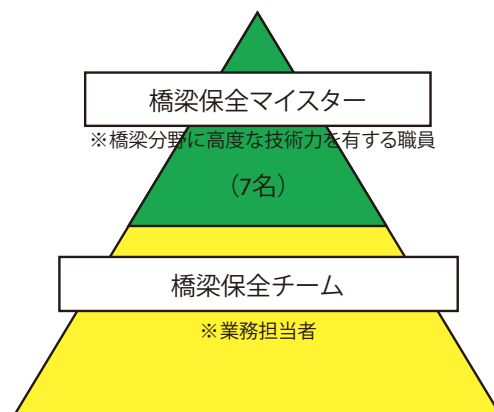


図-2 橋梁保全マイスター構想

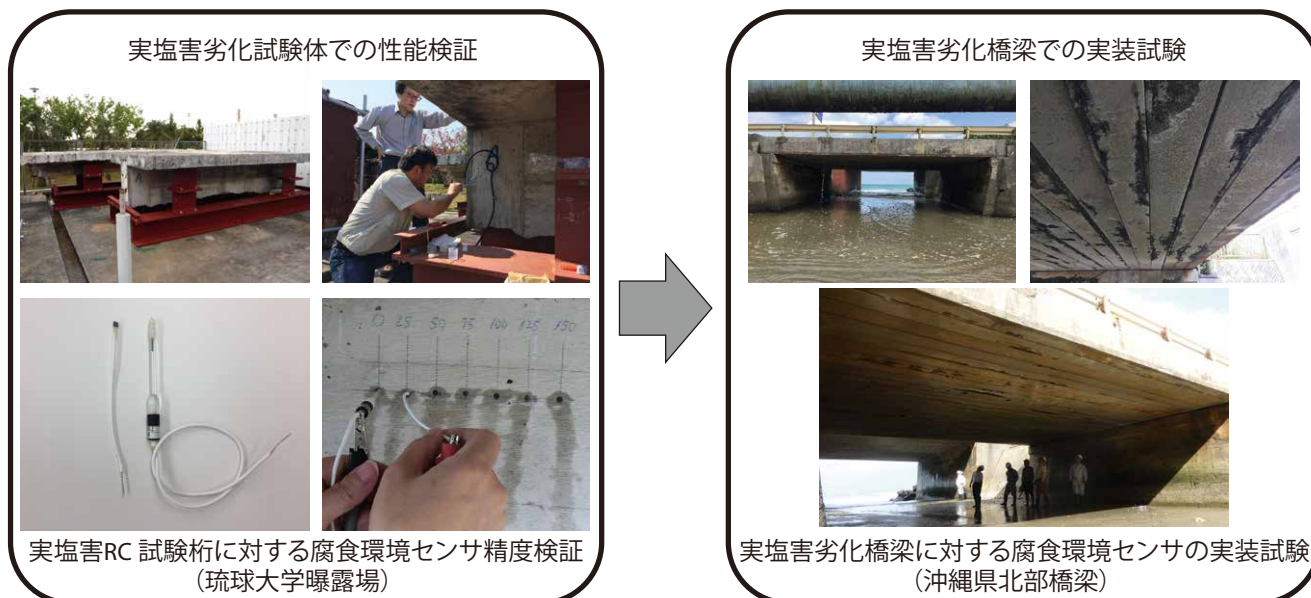


図-3 SIP技術の実装検証プロセス

技術者教育教材としてのインフラミュージアム

國枝 稔

岐阜大学
教授

苅谷 敬三

岐阜大学
客員教授

沢田 和秀

岐阜大学
教授

木下 幸治

岐阜大学
准教授

インフラミュージアムとは

岐阜大学工学部附属インフラマネジメント技術研究センターと内閣府の戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)の課題「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」で採択された岐阜大学SIP実装プロジェクトにより、土木構造物のしくみや構造を学ぶことが可能な「インフラミュージアム」の整備を進めている。インフラミュージアムでは、トンネル断面モデル、PC橋モデル、鋼桁モデルならびに盛土モデルを整備した(図-1参照)。



図-1 インフラミュージアム全景

社会人および学生の学びの場

岐阜大学では、平成20年度から社会基盤メンテナンスエキスパート(ME)養成プログラムを開講し、維持管理時代において地方で活躍できる技術者の育成を行い、H29年度末までに約400名の技術者

を輩出してきた。また、H29年度からは、大学院修士課程にインフラマネジメントリーダー育成プログラムを設置し、社会人と一般学生の混在型教育の実施を試みている。このようにインフラミュージアムは、教育カリキュラムと連動した学びの場としての活用を目指している。

■ 各種構造物のしくみや構造を学ぶ総合施設

高度化する維持管理上の課題に対して、技術者は構造物のしくみや構造を知っておく必要があることから、しくみや構造が理解できるモデルを構築した。既設の橋梁を対象とした教育用モデルは、いくつかの教育機関で前例があるが、当該施設は橋梁だけではなく、トンネルや盛土などの構造物群によって構成されている点にも特徴がある。地方公共団体に所属する技術者は、橋梁やトンネルなど単一の構造物ばかりを業務対象とすることは稀であり、様々な構造物の構造的な特徴を理解している必要があるというMEの教育理念に基づくものである。

本稿では、岐阜大学インフラミュージアムにある各モデルの概要と活用方法について紹介する。

■ トンネル断面モデルの特徴

トンネル断面モデルは、トンネルの施工方法の

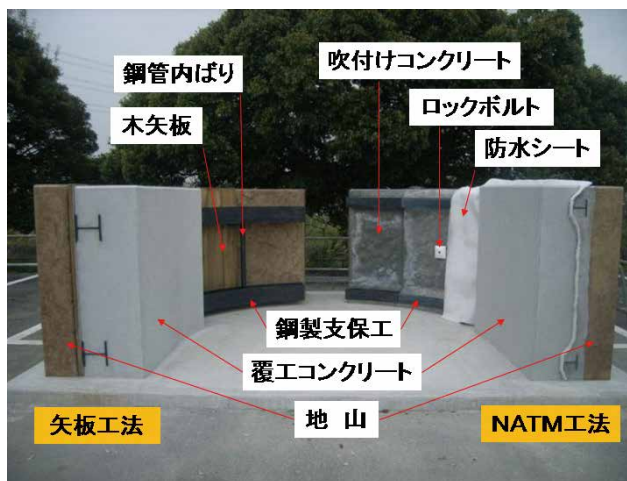


図-2 トンネル断面モデル外観

うち、支保概念が異なる矢板工法とNATM工法の違いを施工順序も含めて視覚的に把握できるように、断面(約4.5m×3.5m)を輪切りにし、横に寝かせたモデルとなっている。

トンネルを寝かせた状態で、左側に矢板工法、右側にNATM工法のモデルとした(図-2参照)。

矢板工法は鋼製支保工と木矢板を併用する工法であり、1960年代から採用され、1970年代までの山岳トンネルの標準工法とされていた工法である。この工法におけるトンネル設計の基本的な考え方は、地山の荷重を鋼製支保工と覆工コンクリートで支持しようとするものである。

これらの特徴を視覚的に理解するため、トンネル断面の天頂部から下部に向かって施工が進んでいく様子を表している。地山掘削後、鋼製支保工を建て込み、鋼管内ばりで連結した後、木矢板を挿入し、覆工コンクリートを打設する構造である。

NATM工法は1970年代にヨーロッパから導入された工法(New Austrian Tunneling Method)であり、この工法の支保理論は地山が持つ本来の支持力を最大限に活用しようとする工法であり、掘削直後に吹付けコンクリートを施工することにより、掘削面の崩落を防ぎ、さらにロックボルトを施工することにより、トンネル周辺地山を安定させ、アーチアクションによりトンネルを支えようとする考え方である。

このNATM工法の施工順序を理解しやすくするため、天頂部から下部に向かって断面を製作した。1次吹付けコンクリート($t=5\text{cm}$)、その後、鋼製支保工(H-125)を建て込み、2次吹付けコン

クリート($t=5\text{cm}$)、その後ロックボルトを挿入し、防水シートを敷設した後に覆工コンクリート($t=30\text{cm}$)を施工した。モデル上面には切り込みを設け、ロックボルトが施工されている状況を確認できるようにした。地山と吹付けコンクリートが一体化している状況、吹付けコンクリート面の状態と防水シートの材質、施工状況を確認できるようになっている。

■ PC橋モデルの特徴

PC橋モデルは、図-3に示すようにPC-T桁橋(4主桁)であり、基本構造としてプレテンション方式を採用しているが、ポストテンション方式の構造が学習できるように、一部の桁にポストテンション方式に使用される定着体やケーブルが配置されている。主桁には高炉スラグ微粉末を添加したコンクリートを使用しており、耐久性の向上も期待できる。



図-3 PC橋モデル外観

図-4に示すように、主桁の両端部は解放されており、桁端定着部が容易に観察できるような構造になっている。横桁の構造を理解するために、その鉄筋量やシース位置などが目視にて確認できる構造とし、横桁周辺に生じうる変状が理解できるようにした。また、横締めの役割とその構造も学ぶことができる。1994年以降禁止となった上縁定着の構造を有する橋梁も多く現存することから、上縁定着部の構造の特徴について学ぶことが可能である。さらに、一部の桁には、ウェブに中間定着体も設置されている。

ゴム支承、伸縮装置、壁高欄やガードレール、排水枱やスラブドレンなどの付属物を設置し、維持管理上の留意点等について学ぶことができる。

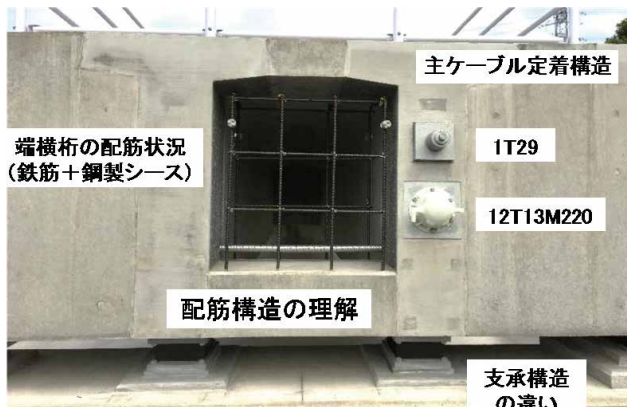


図-4 桁端部の状況と横桁の配筋状況

■ 鋼桁モデルの特徴

鋼桁モデルは、長さ約5mの鋼桁の桁端部を再現したモデルであり、端対傾構、中間対傾構や横桁などに加えて、各種ディテールを組み込んだモデルとなっている。



図-5 鋼桁モデルの外観

図-5に鋼桁モデルの外観を示す。鋼橋における維持管理上の主要な損傷は腐食と疲労であるが、腐食は漏水や湿気により桁端部において最も発生しやすく、また、疲労についても腐食等に起因した支承の機能低下に伴い、ソールプレート前面溶接部に発生する疲労損傷が代表的であることから、桁端部を集約した構造モデルとした。

この鋼橋モデルにおいては、鋼橋で採用される各種の構造が理解できるように配慮するとともに、鋼橋製作時に内在する溶接欠陥の非破壊調査・点検の演習ができるように、例えば以下の工夫を行った。

- ・非合成桁と合成桁の違いを提示(上下フランジ幅の違いやスラブアンカー・スタッドジベルの配置)
- ・支承の交換構造への対応事例を提示(ジャッキアップ用補剛材の後施工)
- ・支承ソールプレート構造(疲労き裂対策)の違いを提示(橋軸方向テーパの有無)
- ・端対傾構、中間対傾構、分配横桁の詳細構造を提示
- ・施工時、維持管理時への配慮構造(床版型枠用吊金具、床版型枠兼用吊金具、足場用吊金具)
- ・塗装記録表・橋歴版の表記

さらに、鋼桁モデルの上部にRC床版ならびにPC床版の構造について学ぶことができる教材も整備した(図-6参照)。



図-6 床版の構造を学ぶモデル
(上:舗装構造、下:RC、PC床版の配筋)

■ 盛土モデルの特徴

盛土モデル(図-7)は、一般的に用いられる各種擁壁を組み合わせた。具体的には、ジオグリッド補強土、ブロック積擁壁、重力式擁壁、軽量盛土工、L型擁壁である。

ジオグリッド補強土は、ジオグリッドの高い引張強度を利用して、盛土を安定させる工法であり、本モデル(図-8)では、その積層断面を見ること



図-7 盛土モデル外観



金属メッシュなどの壁面材でのり面を整形
ジオグリッドの引張り強さを利用して補強

図-8 ジオグリッド補強土の積層断面

ができる。

軽量盛土(図-9)は、発泡ウレタンを用いた構造とし、壁面材、アンカーならびに受圧版による構造形式を理解するモデルとなっている。特に、アンカーの配置なども視覚的に確認することができるのも特徴である。

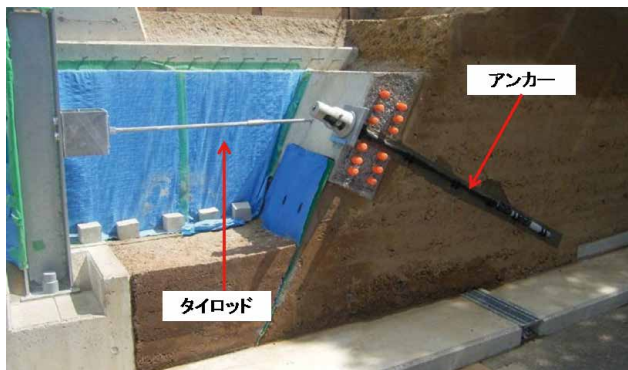


図-9 軽量盛土の構造

盛土上面には、舗装やインターロッキングブロックなども整備されている。

技術の変遷を形にする

ここでは、岐阜大学インフラミュージアムとして整備されている「構造物のしくみや構造がわかる各種モデル」の概要について紹介した。インフラが長寿命化すればするほど、過去の技術につい

て学ぶことも重要であることから、「技術の変遷をかたちにする活動」として、引き続き施設の充実を行っていく予定である。

最後に、当該施設の整備にあたり、以下の企業様等のご協力をいただいた。ここに記して謝意を表す。

〈トンネルモデル〉

(一社)岐阜県特殊工事技術協会、(株)市川工務店

〈PC橋モデル〉

(株)安部日鋼工業、丸文産業(株)、東京ファブリック工業(株)、住友電工スチールワイヤー(株)、極東鋼弦コンクリート振興(株)、カジマ・リノバイト(株)、岡三リビック(株)、(有)ビーンズ設計

〈鋼橋モデル〉

瀧上工業(株)、昭和コンクリート工業(株)、(株)NIPPO、ニチレキ(株)、(株)大城、住友理工(株)、日之出水道機器(株)、ヤマダインフラテクノス(株)、秩父産業(株)、日本鑄造(株)、日本ヒルティ(株)、橋梁技建(株)、(株)IHI インフラ建設、日綜産業(株)、(株)鉞組

〈盛土モデル〉

西濃建設(株)、前田工織(株)、昭和コンクリート工業(株)、コサカ建材(株)、岐建(株)、(株)東洋スタビ、(株)鉞組、(株)ユニゾン、(株)エスイー、丸文産業(株)、ウレタン土木技術研究会、(株)イノアック住環境、天龍土建工業(株)、丸ス産業(株)、塩谷建設(株)

〈その他〉

(株)デーロス・ジャパン

【本報告文の連絡先】

國枝 稔 宛

〒501-1193 岐阜市柳戸1-1

岐阜大学工学部社会基盤工学科

Tel/Fax:058-293-2410

E-mail:kunieda@gifu-u.ac.jp

■ インフラ維持管理技術および ■ 制度の国際展開と人材育成



横田 弘

北海道大学
教授



長井 宏平

東京大学
准教授



金縄 知樹

独立行政法人国際協力機構
課長

■ はじめに

SIPでは開発された技術や得られた知見を海外に展開することを重要な目標の一つに掲げている。インフラ維持管理に関する国際標準の提案などを通じて日本の技術的優位性を世界に発信する一方、近い将来に同様のインフラ維持管理の問題に直面するであろうアジアやアフリカの途上国に貢献できる可能性が高い。SIPで開発中の技術には海外のニーズともマッチしており海外展開が期待できるものもある。本稿では、主として筆者らが参画するプロジェクト「道路インフラマネジメントサイクルの展開と国内外への実装を目指した統括的研究」(代表:前川宏一・東京大学)での国際展開活動の紹介をする。

■ 国際展開の取組みの概要

本プロジェクトでの主な国際展開には次の4項目の活動がある。

(1)アジア域におけるインフラ維持管理の情報と研究の拠点形成、(2)インフラ維持管理に関する情報の集約と発信、(3)アジア各国におけるインフラアセットマネジメントシステムの実装、(4)インフラアセットマネジメントに関する国際規格の検討。

国際展開を行うには、拠点を設けることが重要である。海外の拠点として本プロジェクトのカウンターパートであるタイのタマサート大学と連携し活動している。情報発信としては、各国でのセミナー(タイ、ベトナム、カンボジア、ミャンマーで開催済)や、アジアの構造工学やコンクリート工学に関する国際会議で特別セッションを企画するなどしている(図-1)。

インフラアセットマネジメントシステムの実装に向けた取組みについては、インフラの整備度や技術レベルを考慮し、タイ、ベトナム、ミャンマーの3ヶ国を対象として実施している。それぞれの社会情勢や上述の条件に応じて、ライフサイクルを包含したアセットマネジメントのコンセプトに基づいた維持管理の技術と制度の実装に向けた取組みを続けている。

国際規格については、本プロジェクト開始以前から、コンクリート構造物に関するISO/TC71(コンクリート、鉄筋コンクリートおよびプレストレストコンクリート)において、コンクリート構造物のライフサイクルマネジメントに関する規格の策定を日本が提案している。これにアセットマネジメントのコンセプトを組み込み、広く世界で共有できる規格とするとともに日本のプレゼンスを高めたい。

JICAの道路・橋梁維持管理の取組み

JICAでは道路・橋梁インフラの運営・維持管理能力強化に資する技術協力プロジェクトを現在、19ヶ国で展開している(表-1)。多くの途上国では、新規道路建設が優先され、維持管理予算が少なく、軽微な損傷は大規模な補修・改修工事が必要となるまで放置され、よけいにコストが増大するといった悪循環に陥っている。また、そもそも維持管理に対する意識が低く、JICAでは事後保全から予防保全にシフトすべく維持管理のPDCAサイクルの定着を目指した取組みを実施している。このほか、国づくりの担い手となる行政官を日本に受け入れ、専門的知識、技術を移転することによる人材育成を実施している。道路行政や道路・橋梁維持管理の分野では、毎年6コース前後の課題別研修が実施され、毎年150人程度が日本のノウハウを学んでいる。

道路アセットマネジメント 中核人材育成

道路インフラのアセットマネジメントは維持管理作業を包含したPDCAサイクルに基づいて構築されており、このサイクルが定着したうえで機能するものである(図-2)。JICAの道路アセットマネジメントの取組みでは、技術協力プロジェクト、研修事業、留学生事業を戦略的に計画・実施し、開発途上国の人材育成に資することを目指している。この取組みでは、SIPプロジェクトでこの分野の最先端の研究を実施している大学等と連携して研修/留学生事業を実施する。研修事業では、特有の課題に応じたオーダーメイド研修(国別研修)により短期間に多くの人材育成を実現させ、その後は広く一般的な知識を身に付ける課題別研修により継続的な人材育成を目指す。留学生事業ではアセットマネジメントの定着やインフラ長寿命化技術に関してその国の状況に応じた教育・研究を実施し、留学生が帰国後にその国の中心的人物になるよう支援していく。2017年度はカンボジア、ラオスからSIPプロジェクトインフラの研究実施機

関である北海道大学、長崎大学において留学生を受け入れるとともに、ベトナムを対象としたアセットマネジメントの研修事業を東京大学で実施した。2018年度は実施対象国と連携大学の更なる拡大を目指しており、SIPプロジェクト実施機関とのより一層の連携を図っているところである。(本稿は土木学会誌2017年10月号の記事を再編集したものである)

表-1 技術協力プロジェクト実施件数

東南アジア	南アジア	中央アジア	アフリカ	中南米	計
6件(1件)	5件(1件)	2件	5件(2件)	1件	19件(4件)

()内は2018年度以降に開始



図-1 カンボジアセミナーでの橋梁点検デモ

アセットマネジメントの定着に向けた効果的な投入

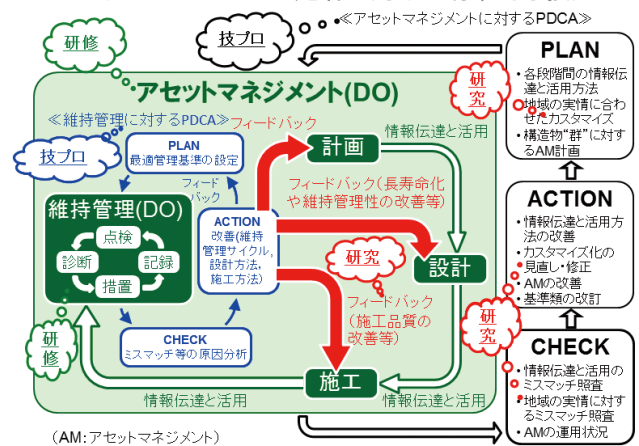


図-2 アセットマネジメントの定着に向けた効果的な投入

【参考文献】

- 1) 横田弘、長井宏平: 戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)におけるコンクリート構造物マネジメントの国際展開とISO、土木ISOジャーナル、Vol.27、pp.12-18、2017

【本報告文の連絡先】

横田 弘 宛
〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目
北海道大学大学院工学研究院
Tel/Fax:011-706-6204
E-mail:yokota@eng.hokudai.ac.jp

JICAとSIPインフラとの連携により加速される インフラメンテナンス技術の海外実装



金縄 知樹

独立行政法人国際協力機構
課長

SIPインフラとJICA道路アセット マネジメントとの連携

近年、開発途上国においてはインフラ整備需要が高まり、アジア開発銀行(2017年2月)によるとアジア・大洋州地域の開発途上国で2030年までに約26兆ドルの需要があると試算している。いわゆる新興国では短期間に日本の高度成長期以上に多くのインフラ施設が建設される一方で、2020年代後半には、開発途上国でも日本同様に供用後50年を経過するインフラが増え、我が国が開発途上国において支援してきた道路インフラも高齢化を迎えることになる。新規建設事業が優先される開発途上国においてはまだまだ維持管理への意識は低いものの、2018年4月にミャンマーで発生した吊り橋崩落事故等、維持管理の重要性が認識されつつある。将来必要となる維持管理・更新費用が各国の国家財政に多大な負担とならないよう、開発途上国においても道路アセットマネジメントの定着に向けた取組が必要である。

JICAでは運輸交通セクターにおける最も基礎的なインフラである道路インフラの運営・維持管理能力強化に資する技術協力をアジア・アフリカ地域を中心に約20か国で展開している。これら事業の効率化や高質化に向けて、2017年10月に道路アセットマネジメントプラットフォームを立上げ、国内最先端の取組から地方自治体の取組を集

表-1 意見交換を実施した研究テーマ一覧

研究テーマ	研究機関
舗装と盛土構造の点検・診断自動化技術の開発	岐阜大学
インフラモニタリングのための振動可視化レーダーの開発	アルウェットテクノロジー
高速走行型非接触レーダーによるトンネル覆工の内部欠陥点検技術と統合型診断システムの開発	パシフィックコンサルタンツ
空港管理車両を活用した簡易舗装路面点検システムの研究開発	東京大学
橋梁点検ロボットカメラ等機器を用いたモニタリングシステムの創生	三井住友建設
省電力化を図ったワイヤレスセンサによる橋梁の継続的遠隔モニタリングシステムの現場実証	オムロンソーシアルソリューションズ
傾斜センサー付き打込み式水位計による表層崩壊の予測・検知方法の実証実験	応用地質
多点傾斜変位と土壌水分の常時監視による斜面崩壊早期警報システムの研究開発	中央開発
モニタリング技術の活用による維持管理業務の高度化・効率化	モニタリングシステム技術研究組合
インフラ構造材料研究拠点の構築による構造物劣化機構の解明と効率的維持管理技術の開発	物質・材料研究機構
インフラ予防保全のための大規模センサ情報統合に基づく路面・橋梁スクリーニング技術の研究開発と社会実装	JIPテクノサイエンス
自在適応桁で支えられる橋梁点検ロボットシステムの研究開発	ハイボット
二輪型マルチコプタを用いたジオタグ付近接画像を取得可能な橋梁点検支援ロボットシステムの研究開発	富士通
道路インフラマネジメントサイクルの展開と国内外への実装を目指した統括的研究	東京大学
コンクリート橋の早期劣化機構の解明と材料・構造性能評価に基づくトータルマネジメントシステムの開発	金沢大学
使い易くなるSIP維持管理技術のMEネットワークによる実装	岐阜大学
重大事故リスクに着目した地方自治体支援システムの開発	愛媛大学
インフラ維持管理に向けた革新的先端技術の社会実装の研究開発	長崎大学
亜熱帯島嶼に適した橋梁維持管理技術の開発と診断ドクター育成	琉球大学

約し、開発途上国の課題へ柔軟な対応を可能とする体制を構築した。このプラットフォームの下で、技術協力と連携した研修事業を計画し、効率的・効果的な支援の実現を目指している。中でも長期

表-2 長期研修員(留学生)受入実績

対象国	研究テーマ	受入大学/指導教官	開始時期	備考
ラオス	アセットマネジメントにおける過積載対策および重量計測技術の効果・影響	北海道大学 ヘンリー・マイケル 准教授	2017年10月	2018年4月から 修士課程進学
ラオス	鋼橋の長寿命化に資する維持管理モデルの研究	長崎大学 西川貴文准教授	2017年10月	2018年4月から 博士課程進学
ラオス	アセットマネジメントのための橋梁点検評価手法	長崎大学 中村聖三教授	2017年10月	2018年4月から 博士課程進学
カンボジア	橋梁損傷データの活用・分析	東京大学 長井宏平准教授	2018年4月	修士課程

研修(留学生事業)を活用した人材育成では、日本国内の大学院を活用し、開発途上国において道路アセットマネジメントの定着に向けた役割を担う人材の戦略的な育成を目指している。

JICAの取組に対して、同分野の最先端の知見・協力が得られるよう2017年10月にSIPインフラとJICAの間で道路アセットマネジメントの取組に関する協力覚書が締結された。覚書締結以降、JICAは19テーマの研究者(表-1)と技術協力での開発技術の活用可能性やJICA研修員の受入等について意見交換を行った。地域実装支援チームの大学関係者とは、長期研修(留学生)を含む研修事業や技術協力事業への関与・助言等について協力を依頼し、協力体制を構築した。

開発技術については、研究者と開発状況や海外実装の可能性、活用方法等について意見交換を行った。海外実装の可能性のある技術は、JICA事業の中で試行的に導入、その効果を実証し、事業終了後の普及・展開を目指している。これまでにDRIMS/i-DRIMS(車両応答を基に路面管理指標(IRI)を推定するシステム:JIPテクノサイエンス)や橋梁点検ロボットカメラ(三井住友建設)をJICA事業で導入し、これら機器を活用した維持管理の技術指導を実施した。その他の技術については、JICA事業の担い手であるコンサルタント会社向けの技術紹介セミナーを開催し、開発技術の周知・活用を促している。

研修事業では、長期研修員の受入をラオス、カンボジアの2か国(表-2)で実施している。この取組ではアセットマネジメントの定着に向けた課題を研究テーマとして設定し、学位取得後、中・長期にわたり道路アセットマネジメントの定着に向けた活躍が期待できる中核人材の育成を目指している。2019年4月入学に向けて4か国(フィリピン、

モンゴル、バングラデシュ、エジプト)の候補者選定を進めており、受入に関心のある大学関係者(北海道大学、東京大学、金沢大学、金沢工業大学、岐阜大学、長崎大学、琉球大学)を現地に派遣し、候補者との面談や研究内容の確認・コンサルテーション等、受入希望大学とのマッチング作業を進めている。

短期研修では、「道路インフラマネジメントサイクルの展開と国内外への実装を目指した統括的研究」の国際アセットサブプログラムチームと連携した研修事業を実施した。この研修では、実際の点検データを使った分析演習や点検データを基にした予算計画策定、健全度推移予測といった演習内容を充実させた研修となっており、点検データの活用方法を理解させることに注力した研修である。このような研修を今後の継続的な人材育成機会(課題別研修)として実施することを目指している。

技術協力事業では、協力内容を策定する調査(詳細計画策定調査)に地域実装支援チーム関係者にも参加いただくことで、国内実装経験に基づいた助言・支援が得られることとなった。この取組は2018年度に2か国(ブータン、ザンビア)で実施された。

■ 事例1「ブータン道路斜面对策工能力強化プロジェクト」(表-3)

ブータンは、国土の大部分が山岳地帯であり、道路交通が最も重要な交通・輸送手段となっている。国土を東西に走る国道1号線とインド国境まで南下する4本の国道(国道2~5号線)からなる幹線道路網は大部分が急傾斜地を通過しているため、雨季には斜面崩落が頻発し、国内移動や輸送に支障をきたしている(図-1)。ブータン公共事業・定住省(Ministry of Works and Human Settlement:MoWHS)の道路局(Department of Road:DoR)では、緑化と補強を組み合わせた斜面对策を講じているものの、技術力不足により十分な斜面对策工を行うことが困難、斜面防災対策が急務なことから技術協力が要請された。



図-1 ブータン 国道1号線の斜面崩壊

表-3 ブータン道路斜面对策工能力強化プログラム

ブータン 道路斜面对策工能力強化プロジェクト概要	
1. プロジェクトサイト/対象地域名	ブータン全土/OJTを実施するロベサ及びトンサ地域事務所が管轄する国道
2. 本事業の受益者(ターゲットグループ)	直接受益者: DoR職員、全9つの地域事務所技術者 最終受益者: 道路利用者
3. 事業実施期間	2019年1月~2022年12月を予定(計48カ月)
4. 上位目標	ブータンにおける道路斜面がプロジェクトで改善された対策を用いて適切に建設・維持管理される
5. プロジェクト目標	道路斜面对策に係るDoRの能力が向上する
6. 成果	成果1: 事前通行規制の条件が明確になる 成果2: 「土砂斜面崩壊」防止に適した植生工が選定される 成果3: 「土砂斜面崩壊」「岩盤斜面崩壊」に対する標準切土のり面勾配が改訂される 成果4: 「岩盤斜面崩壊(落石)」に適した対策工法が実施できるようになる 成果5: 「土石流」に対する適正な対策工が導入される 成果6: 道路斜面災害情報及び通行規制に関する情報システムが改善される

全ての危険箇所への対策工の実施は予算面において困難であること、またDoRの持続性の観点から、アンカー等の高価な対策工ではなく、植生工や落石対策工といった安価な対策工の導入や、危険箇所のモニタリングによるソフト面での対応に注力することを基本方針とした。

SIPインフラ-JICAの協力覚書の締結により、SIPインフラにて表層/斜面崩壊の予測・検知/警報システムの研究開発を実施している研究者(応用地質(株)、中央開発(株))との意見交換が実現し、同技術の活用可能性が議論されるとともに、同技術の国内実装に関与している岐阜大学から事前調査への協力が得られることになった。

事前通行規制条件の明確化、土砂・岩盤斜面崩壊および土石流対策の能力開発、道路災害および通行規制に関する情報システムの改善を行うことにより、DoRの道路斜面对策に係る能力強化を図り、道路斜面の適切な開発・維持管理の実施を目指すこととし、本邦技術を活用したパイロットプロジェクトを含む協力内容とした。これまで「事

後通行規制」しか実施していないブータンにおいて道路利用者の被災を未然に防ぐ「事前通行規制」を理解・定着させるためには、降雨量と斜面変位量の相関から技術的・論理的根拠に基づいた規制値の検討が必要である。SIPインフラの開発技術である斜面崩壊早期警報システムを用いて降雨データ収集を行うとともに、データ解析や規制値設定等の活動においても引き続き岐阜大学からの助言・支援が期待されている。

巨大落石への対策としては、岐阜県内の国道で実施された巨石撤去事例の実装が提案された。斜面上の大きな岩塊は、ワイヤー等による固定や岩盤接着工等による安定化、崩落前の小割り除去が一般的である中、大型土のうを配置した国道上に岩塊を落として小割り撤去する手法である。安全かつ安価な工法であり、本技術協力でも活用が期待できる。最先端の技術のみならず、このような原始的な手法の実装提案等、有識者からの助言により、これまで以上に現地事情に見合った協力内容の検討が行われた。

■ 事例2「ザンビア橋梁維持管理能力向上プロジェクトフェーズII」(表-4)

ザンビアの全国道路網の総延長は約67,000km、このうち都市間を結ぶ幹線道路は約18,600kmであり、その舗装率は約60%(2012年)である。幹線道路の路面状況は良好であり、3段階評価(Good、Fair、Poor)でGood/Fairと評された区間は99%(2011年)に及ぶ。他方、橋梁の多くは1970年代あるいはそれ以前に建設され、かつ維持管理作業がなされていないことから老朽化が進んでいる。幹線道路を管理する道路開発庁(Road Development Agency: RDA)では、2013年に橋梁・緊急復旧課を設置し、点検および補修(外部発注)に着手したが、技術者不足や計画策定・施工監理等の知見がなく、RDA職員の橋梁維持管理能力の向上が課題となっている。

JICAは2015年2月から2017年8月まで橋梁維持管理能力向上にかかる技術協力(フェーズI)を実施し、各種ガイドライン整備や対象サイトでの維持管理作業の定着を図ってきたが、フェーズI

表-4 ザンビア橋梁維持管理能力向上プロジェクト

ザンビア 橋梁維持管理能力向上プロジェクトフェーズII概要	
1. プロジェクトサイト/対象地域名	ザンビア全土
2. 本事業の受益者(ターゲットグループ)	直接受益者: RDA本部、パイロットプロジェクト対象リージョン事務所の橋梁技術者 最終受益者: 道路利用者
3. 事業実施期間	2019年1月~2022年12月を予定(計48カ月)
4. 上位目標	RDA管轄の橋梁の状態が改善する
5. プロジェクト目標	RDA本部とリージョン事務所において、橋梁の維持管理業務が改善する。
6. 成果	<p>成果1 RDA本部とリージョン事務所において、橋梁日常維持管理にかかる技術者の能力が向上する</p> <p>成果2 RDA本部とリージョン事務所において、橋梁補修にかかる技術者の能力が向上する</p> <p>成果3 RDA本部とリージョン事務所において、橋梁点検にかかる技術者の能力が向上する。</p>

表-5 ザンビアでの活動内容

成果2と成果3の活動としてRDA技術者及び民間コンサルタント/コントラクター-技術者を対象とした橋梁補修/特殊橋梁点検のOJT及びセミナーを実施する

岐阜大学及び相互協力大学

現地: 技術協力の活動を活用して実施するザンビア大学が実施する技術者育成講座を支援
日本国内: 技術協力の本邦研修の受け入れ先にME養成講座、または他の本邦橋梁維持管理技術者育成講習・研修を実施。研修生(RDA職員やザンビア大学教員)が日本の技術者育成講習・研修の一部(橋梁関係)を受講

の活動成果の普及・展開や維持管理PDCAサイクルの定着、補修技術、特殊橋梁(長大橋)の維持管理等の能力向上が不可欠であり、更なる技術協力が要請された。

RDAでは継続的な技術者育成が課題であったことから、日本の技術者育成事例を紹介するために岐阜大学に協力を依頼した。

この技術協力では、ザンビア大学内に橋梁維持管理技術者養成講座を立ち上げ、ザンビア大学がC/P機関を含めた技術者育成を担っていく体制構築を活動の1つとして考えている。開始当初は

岐阜大学のME養成講座、または他の本邦橋梁維持管理技術者育成に関わる講習・研修の受講とそれらを参考にしたザンビアでの技術定着に適したカリキュラムの整備を図るが、協力の後半では岐阜大学他からの支援を受けつつザンビア大学による技術者育成を実施することを目指して

いる(表-5)。

事例3 本邦技術を活用した技術協力事業

カンボジアやケニアでは、SIPインフラでの開発技術のみならず、日本の中小企業等が有する技術を技術協力の中で実装し、事業終了後の普及・展開を目指した支援を行っている(図-2、図-3)。カンボジアやケニアで導入したDRIMS/i-DRIMSは舗装の平坦性を簡易に測定する技術で、SIPインフラにて研究開発された技術である。ケニアにおいては技術協力終了後の普及を目指し、現在、現地販売体制の構築に取り組んでいる。

【本報告文の連絡先】

金縄 知樹 宛
〒102-8012 東京都千代田区二番町5-25二番町センタービル
独立行政法人国際協力機構
Tel:03-5226-8147, Fax:03-5226-6334
E-mail:Kanenawa.Tomoki@jica.go.jp

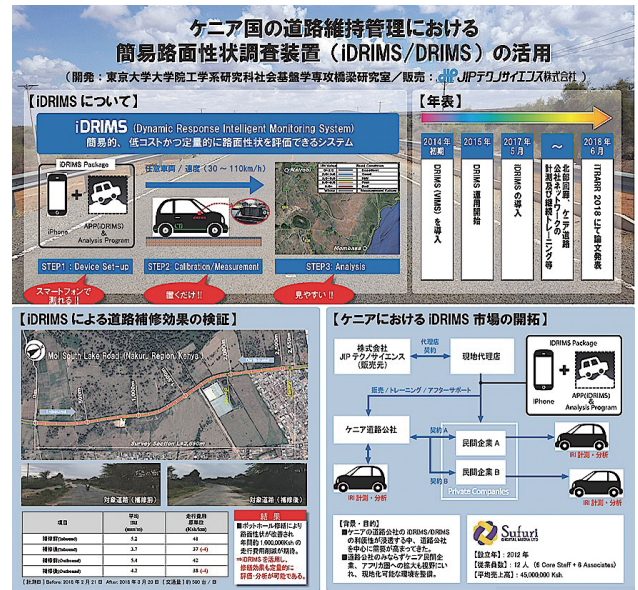


図-2 ケニア国の道路維持管理における簡易路面性状調査装置の活用

カンボジア国 道路・橋梁の維持管理能力強化プロジェクトにおける本邦技術の活用事例

プロジェクト対象国: カンボジア
プロジェクト期間: 2015年3月~2018年3月(3年)
プロジェクト実施機関: 公共事業省道路維持管理局

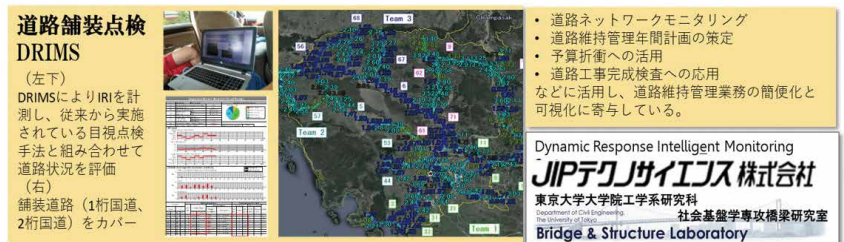


図-3 カンボジア国の道路・橋梁に維持管理能力強化プロジェクトにおける本邦技術の活用事例

魅力あるインフラメンテナンス分野の未来に向かって ～地域実装支援活動を振り返る～



六郷 恵哲

岐阜大学
特任教授

地域実装支援チームへの期待

新技術の導入等によるインフラメンテナンス分野の仕事の魅力アップや効率化・高度化が強く望まれている。しかし、「従来にない素晴らしい技術を開発したが、なぜか使われない」との声が技術開発者からある。一方、インフラ構造物の多くを管理する自治体の管理者からは、「予算不足、人手不足を緩和したいが、どんな技術をどのように取入れればよいか分からない」との声がある(図-1)。

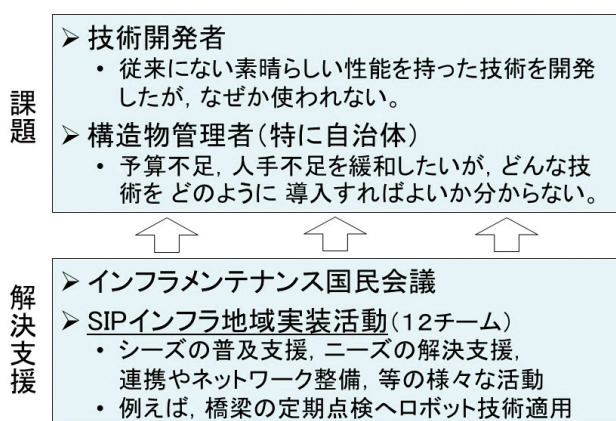


図-1 新技術実装の課題と解決支援

こうした声に応えることを期待されて、内閣府のプロジェクト「戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)」の一つである「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術(PD:藤野陽三教授)」の中に、2016年8月、SIPインフラ地域実装支援チー

ムが採択された。地域の大学等合計12チームで、SIPインフラ等で開発された新技術を地域の自治体等で使っていただく(実装する)ため、シーズの普及支援、ニーズの解決支援、地域連携、ネットワーク整備、人材育成、等の様々な活動を行ってきた。同じく2016年の秋に、インフラメンテナンス国民会議も発足し、地方フォーラムを中心に、インフラメンテナンス市場の創設、新技術の実装のための仕組みと体制づくりを目指した活動が進められている。地域実装支援チームは、インフラメンテナンス国民会議と密接に協力しながら活動を進めてきた。

この報告書は、こうした地域実装支援チームの活動の成果を取り纏めたものである。報告書の終わりに位置するこの記事では、地域実装支援活動を振り返って、今後の活動に役立つよう報告書の内容を引用しながら、活動を通じて得られたことや気付いたことを記載した。

立場によって異なる目標

インフラメンテナンスの目標の例を図-2に示す。「魅力アップ」や「効率化・高度化」という抽象的な全体目標に対しては、異議を唱える人は少ない。しかし、愛媛大学の全(この報告書の記事:A-2、以下同様)も指摘しているように、インフラメンテナンスの目標は、立場ごとに見れば同じで

はない。また、新技術の導入に対する取組みについても、立場により同じではない。

「交通規制短縮」や「費用低減」といった具体的な個別目標には、達成状況を数値的に評価しやすいものが多い。しかし、立場ごとの目標の中の「安心快適」や「やり甲斐」等は、数値的な評価が難しい。将来の「事故防止」も、現在においては努力するしかなく、目標が達成されたかどうかは将来でしか判断できないという難しさがある。

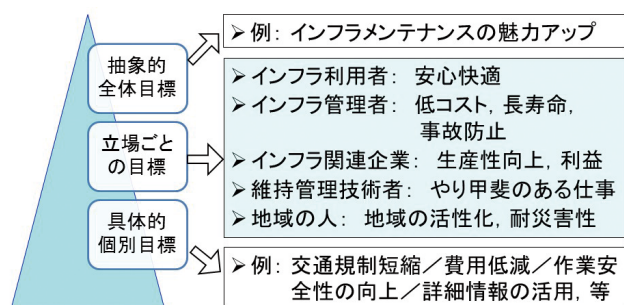


図-2 インフラメンテナンスの目標

地域の大学による支援活動の可能性

自治体等のインフラ構造物の管理者は、公務員倫理法によって民間技術開発者との情報交換まで禁止されていると誤解している面もあり、官民の情報交換が抑制されているきらいがある。このため、新しい技術のシーズ情報は自治体の管理者に伝わりにくく、管理者側のニーズも技術開発者へ伝わりにくい。しかし、地域の大学が開催する説明会や公開フィールド試験等では、自治体の管理者、企業の技術者、技術の開発者の間で活発な意見交換、情報交換を行うことができた(C-1等)。さらに地域の大学が中心となることにより、新技術を使う際に必要な要求性能を示したり、性能評価を行ったり、不足する指針類を作成したりすることもできた(C-6)。こうした地域実装支援チームの活動から、地域の大学が産官学の要となって新技術の実装支援を行うことの有用性と可能性が見えてきた。このことは、地域実装支援活動の成果の一つである。

地域の大学の土木工学分野に新技術の地域実装支援活動を定着させるには、この活動が「土木学会の中の活動となり」、「活動成果が査読付きの論

文として発表され」、「博士や修士の学位が出され」、「科学研究費等の研究資金が獲得される」というサイクルがうまく回ることが重要である。土木学会に、「SIPインフラ連携委員会(委員長:田崎忠行)」があり、平成30年度、その中に「新技術の地域実装促進小委員会(委員長:六郷恵哲)」が設置され、体制は整いつつある。

シーズ主導型とニーズ主導型

本報告書の中で、大林(A-6)は、図-3(A-6の図-3を修正転記)に示すようにシーズとニーズの組合せと連鎖で事業を表現できることと、開発には「シーズ主導型の開発」と「ニーズ主導型の開発」とがあることを指摘している。この考え方を発展させれば、ニーズを解決するためのシーズとしては、新技術に限らず実績のある既存技術や、狭義の技術に限らず情報や人や組織やルール等何でもよく、要は、様々なものを新しく組合わせて、従来の組合せ(取組み)では解決が困難であったニーズを解決できればよいと解釈できる(図-4)。岐阜大学チームが取り組んだ各務原大橋の定期点検へロボット技術を適用する活動(C-6)では、定期点検費用を大幅に削減したいとの各務原市のニーズに対して、ロボット点検技術を組合せるだけでなく、様々な立場の委員で構成される委員会を立ち上げて指針案を作成した。さらに、近接目視点検の前にロボット技術による事前調査を実施することを提案する等、様々なものを組合わせてニーズを解決した。

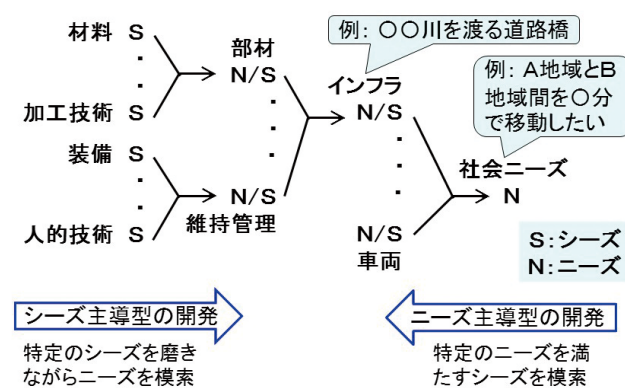


図-3 ニーズとシーズの構造(A-6)

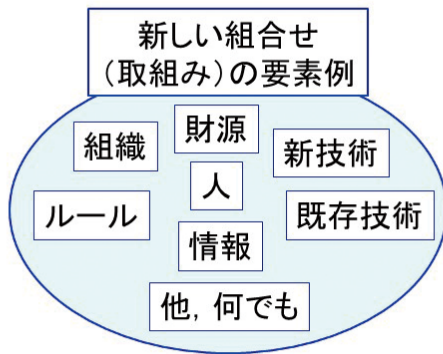


図-4 課題解決のための新しい組合せ(取組み)

東京大学チームの小澤らの地域支援の活動(C-4)では、選定した自治体ごとに特定のニーズを取り上げ、支援者(建設コンサルタント)とともにニーズの解決に取り組んだ。こうした取組み自体は新しいが、いわゆる新技術の実装は前面に出ておらず、ニーズ主導型の地域支援といえる。一方、東北大学チームの久田らによる活動(C-3)では、SIPインフラで開発された新しい技術であるデータベースシステムを、いろいろ工夫しながら自治体に普及させる活動を行っており、シーズ主導型の地域支援といえる。先述の岐阜大学チームによる各務原大橋の定期点検へのロボット技術の適用に関する活動(C-6)は、シーズ主導とニーズ主導の中間的な型といえる。

■ 責任の分散と軽減で実装推進

発注者と技術の開発者を対象としたヒヤリング調査で得られた新技術実装への障害の例を、立場別に表-1(A-4の表-2を簡素化)に示す。技術開発者側の障害としては、要求性能や精度を含め発注者側のニーズが曖昧なことや、発注方法や導入条件が分かりにくいことが挙げられた。一方、発注者側の障害としては、変化への抵抗感、会計検査等への説明の面倒さ、責任の所在が不明なことへの不安等の心理的な負担がたくさん挙げられた。図-5に示した管理者権限の拡大、組織のトップの積極性、技術の評価と認定といった対策は、発注者側の心理的な負担(特に責任)を分散・軽減するものであると考えると理解しやすく、さらに種々の対策が浮かんでくる。なお、「分散」のアイデアは、田崎忠行氏からいただいた。本報告書の

中で、高松(A-9)は、地方の自主性・裁量性の拡大が重要なことを指摘している。

表-1 新技術実装への障害の例

主な障害	主な原因	
発注者	担当者により意識差がある	<ul style="list-style-type: none"> 組織としてのミッションが不明確 中央と現場で温度差がある 変化への抵抗感がある
	導入のための労力が大きい	<ul style="list-style-type: none"> 公平性の担保が必要 外部説明(会計検査)の根拠必要(面倒) 内部説明(組織内合意)の根拠必要(面倒)
	トラブル発生時のリスクが大	<ul style="list-style-type: none"> 責任の所在が不明確(不安) 確実、継続的なサポートを得られるか不安
開発者	開発の投資判断が難しい	<ul style="list-style-type: none"> 開発による先行者利益の確保が難しい 短期間での投資回収が難しい 市場の把握が難しい(規模、継続性)
	要求仕様が不明確	<ul style="list-style-type: none"> ニーズ(要求性能、精度)があいまい 発注者にとっての適切なコストが不明 必要とされるサポート内容、期間が不明
	行政の事情がよくわからない	<ul style="list-style-type: none"> 機関や地域ごとに異なる事情 発注方法、導入条件などがわかりにくい 業界関係者への配慮が求められる

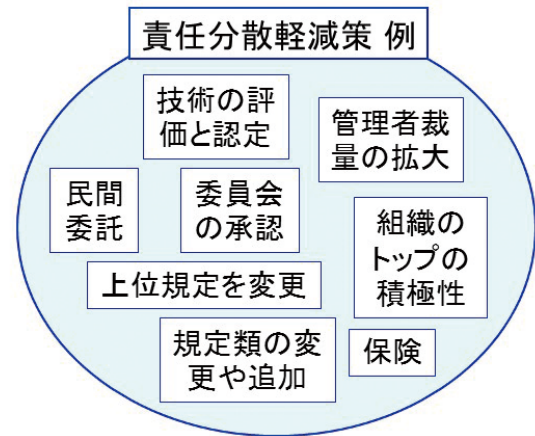


図-5 心理的負担(特に責任)の分散・軽減

■ 新技術実装の課題と対策と取組み

新技術実装を進める際の課題と対策の例を表-2に示す。前述のように、新しい技術のシーズ情報を利用者である自治体の管理者や地域の維持管理技術者に伝えるとともに、利用者のニーズを技術開発者へ伝えるための説明会や公開フィールド試験が多くの地域実装支援チームにより行われ、技術の開発者と使用者の双方から喜ばれた。各務原大橋の定期点検へのロボット技術の適用に関する活動(C-6)では、前述のように、指針案を作成して基準類の不足を補い、用いるロボット技術を分かりやすくするために要求性能を示し、フィールド試験でロボット技術の評価し、ロボット技術を最適に組合せた活用方法を提案した。ロボット技術による事前調査(調査後、近接目視点検をすべ

て行う)をスクリーニング調査(調査後、必要などころだけ近接目視点検を行う)に変え、AIを活用することで、点検コストを削減できることを指摘した。一般に、新しい技術や取組みを適用した場合、これまでの経験からは予見しにくいトラブルが発生しがちである。こうしたトラブルを回避したり被害を軽くするためには、ゆっくりと小規模な試用から始めたり、類似の事例からトラブル情報を把握したりといった十分な対策が望まれる。また、よりよく変わることや変えることを楽しめるポジティブな人材を増やすための教育も大切である。

表-2 新技術実装を進める際の課題と対策の例

課題	対策の例
ニーズとシーズの未遭遇	説明会や公開実証試験の開催
基準類の不適合	基準類の改善や整備
技術の分かり難さ	要求性能明確化、性能評価実施、活用方法提示
コスト	コスト予測、低減方法示唆
発注の公平性確保	中立的機関の関与
トラブル	小規模な試用から、十分な事前対策、類似のトラブル情報把握、実績重視、保険
心理的要因(面倒、不安、責任、変化への抵抗感)	心理的負担の分散・軽減、変化を楽しめるポジティブな人材の育成

表-3に、新技術実装のための取組み例を立場別に示す。自治体の構造物管理者は、予算不足、人手不足、技術不足を解決したいが、必ずしも新技術による解決でなくてもよいことをもっとアピールするとよい。新しい技術、特に従来用いられていない高度化技術の場合には、基準類、要求性能、評価方法、積算方法、発注方法等の整備が必要である。こうしたことを進めることができる立場にある国交省の担当者の役割は重要である。新技術の開発者は、例えば、使われている従来技術に新技術を上乗せする、会計検査のない鉄道や電力分野の企業で実績を積み、技術の利用者と一緒になって技術開発を行うといったように、実装を明確に意識して開発を進めることが大切である。前述のように、中立な立場にある大学等の研究者が、地域実装支援を行いやすいように、学会運営、論文審査、研究費配分等での一層の改善が望まれる。プロポーザル業務のように、受注者が新技術を積極的に活用することで受注増に繋がるような仕組みの充実が望まれる。

表-3 新技術実装のための立場別の取組み例

立場	取組みの例
自治体の管理者	<ul style="list-style-type: none"> 予算不足、人手不足、技術不足の課題を解決するための経費削減や省力化に繋がる技術が欲しいことをアピール 課題を解決できれば、必ずしも新技術でなくてもよいこともアピール
国交省	<ul style="list-style-type: none"> 基準類、要求性能、評価方法、積算方法、発注方法等の整備を進める<最重要>
新技術開発者	<ul style="list-style-type: none"> 実装活動を明確に意識した開発計画をたてる —例えば、従来技術に新技術を上乗せする、会計検査の無い企業で実績を積み、等
実装支援者(大学等の場合)	<ul style="list-style-type: none"> 実装支援を研究活動分野にする —学会運営、論文審査、研究費配分で工夫
受注者	<ul style="list-style-type: none"> プロポーザル業務等での新技術の積極的活用

単一の特効薬はない

SIPインフラの活動と其中的の地域実装支援活動は、2019年3月で予定活動期間を終える。地方の大学が中心となった新技術の地域実装支援活動については、その有効性が示された段階である。次年度以降も、インフラメンテナンス国民会議の活動等と連携しながら、地域の大学の中に地域実装支援活動が根付くことが望まれ、当分の間、公的な資金による活動支援が不可欠である。JICA(国際協力機構)と連携して、我が国の地域実装支援活動で得られた知見を、アジア・アフリカの発展途上国におけるインフラメンテナンスの効率化・高度化に活かすことも望まれる(D-9)。

次年度以降、表-3に列挙した取組みを実行するとともに、こうした取組み例をさらに充実させることが強く望まれる。インフラメンテナンス分野の魅力アップや新技術の地域実装に、単一の特効薬はない。立場ごとに目標や考え方が異なることを理解したうえで、インフラメンテナンス分野全体がよりよく変わることを目指して、それぞれの立場で工夫を続けることが大切である。

【本報告文の連絡先】

六郷 恵哲 宛
〒501-1195 岐阜市柳戸1-1
岐阜大学工学部社会基盤工学科
Tel/Fax:058-293-2417
E-mail:rk@gifu-u.ac.jp

SIP インフラ地域実装支援チームの問い合わせ先

北海道大学	 北海道大学 公共政策大学院  高松 泰、田中 みどり  011-706-4723	 https://www.hops.hokudai.ac.jp/  office@hops.hokudai.ac.jp
北海道立総合研究機構	 北海道立総合研究機構 建築研究本部  牛島 健、長谷川 祥樹  0166-73-4274	 http://sipwater.strikingly.com/  ushijima-ken@hro.or.jp
東北大学	 東北大学 大学院工学研究科 インフラ・マネジメント研究センター  久田 真、鎌田 貢、中川 智絵  022-721-5503	 http://imc-tohoku.org/  inquiry-imc@tohoku-imc.ac.jp
東京大学	 東京工業大学 環境・社会理工学院  千々和 伸浩  03-5734-3767	 http://committees.jsce.or.jp/opcet_jst/  chijiwa@cv.titech.ac.jp
金沢大学	 金沢工業大学 工学部環境土木工学科  宮里 心一  076-274-7798	 https://sip-hokuriku.com  miyazato@neptune.kanazawa-it.ac.jp
岐阜大学	 岐阜大学 工学部附属 インフラマネジメント技術研究センター  六郷 恵哲、羽田野 英明  058-293-2436	 http://me-unit.net/  gifusip@gifu-u.ac.jp
関西大学	 関西大学 総合情報学部  古田 均  072-690-2438	 http://www.kansai-u.ac.jp/Fc_inf/index.html  furuta@kansai-u.ac.jp
鳥取大学	 鳥取大学 大学院工学研究科  黒田 保  0857-31-5523	 http://eng.tottori-u.ac.jp/  tkuroda@tottori-u.ac.jp
愛媛大学	 愛媛大学 工学部環境建設工学科  全 邦釘  089-927-9822	 http://www.cee.ehime-u.ac.jp/~i_management/  chun@cee.ehime-u.ac.jp
長崎大学	 長崎大学 大学院工学研究科インフラ長寿命化センター  松田 浩、山口 浩平、高橋 和雄  095-819-2880	 http://ilem-sip.jp/  ilemjimu@ml_nagasaki-u.ac.jp
琉球大学	 琉球大学 工学部工学科社会基盤デザインコース  富山 潤  098-895-8649	 http://sip-rk.tec.u-ryukyu.ac.jp/  jun-t@tec.u-ryukyu.ac.jp
慶應義塾大学	 慶應義塾大学 大学院経営管理研究科  大林 厚臣  045-564-2441	 http://www.kbs.keio.ac.jp/  obayashi@kbs.keio.ac.jp

 窓口研究機関名
  担当者名
  Tel
  WEBページ
  E-mail

編集後記



平成28年度後半から平成30年度の2年間あまりにわたり、各地で大学等が中心となって「新技術の地域実装支援活動」に取り組みました。この活動の内容と面白さを記録し、広く伝えることを目的として、この報告書を作成しました。報告書の冊子版の出版と同時に、PDF版を公開しました(HP: <http://sipinfra.net/>)。記事内容を読みやすくするため、査読ではなく、複数の委員による内容確認を行いました。岐阜大学の羽田野英明氏をはじめ、短期間での執筆と編集にご尽力いただいた関係者の皆様に感謝申し上げます。地域貢献としての「新技術の地域実装支援活動」が、地域の大学等で一層盛んになることを願っています。

新技術の地域実装促進小委員会 委員長 六郷恵哲／幹事長 宮里 心一

SIP インフラ新技術地域実装活動報告書

～地域のインフラ維持管理の今後に向けて～

平成31年1月24日 第1版発行

- 編集者……戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)
インフラ維持管理・更新・マネジメント技術
SIP インフラ地域実装支援チーム
- 発行者……公益社団法人 土木学会 技術推進機構
SIP インフラ連携委員会
新技術の地域実装促進小委員会
〒160-0004 東京都新宿区四谷1丁目(外濠公園内)
Tel:03-3355-3444 Fax:03-5379-2769
 - ・本報告書の内容を他の出版物へ転載する場合には、必ず土木学会の許可を得てください。
 - ・本報告書に関連する資料は、以下のURLからダウンロードできます。
<http://sipinfra.net/>

本取組は、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)「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」の中で、JSTが管理法人として担当した活動の一環です。

