水道施設の新たな点検手法等に関する研究

（**Aqua-Bridge** プロジェクト）

報告書

令和 6 年 3 月

公益財団法人　水道技術研究センター

水道施設の新たな点検手法等に関する研究
（Aqua-Bridge プロジェクト）
報告書の発刊にあたって

本報告書のテーマである「水道施設の新たな点検手法等に関する研究（Aqua-Bridge プロジェクト）」は、公益財団法人水道技術研究センターと参加企業 13 社により実施してきたものであり、学識者、水道事業体の協力も得て、産官学連携による研究体制のもと、令和 4 年 10 月から令和 6 年 3 月までの約 1 年半の期間で進めてきました。なお、Aqua-Bridge という愛称は、「Aqua－ Breakthrough Inspection Technology Designed for Great Effectiveness」（水に関する－優れた効果を発揮するように設計された画期的な点検技術）に由来しています。

本研究では、令和 5 年 3 月に省令改正と合わせて改訂された「水道施設の点検を含む維持・修繕の実施に関するガイドライン（厚生労働省）」および「水管橋等の維持・修繕に関する検討報告書（厚生労働省）」の内容も踏まえながら、主に水管橋におけるドローン技術の活用に着目し、その有効性と課題を確認するために全国 12 橋で実証実験を実施しました。実証実験を通じて、従来の点検手法と比較して、それぞれの特徴等を整理し、水道事業体へのヒアリングも踏まえ水管橋点検にドローンを導入する上での課題などを明らかにしました。

これらの成果を取りまとめ、広く水道関係者の皆様に活用を図っていただくことを期待し、本報告書を発刊することとしました。

本研究は、学識者、水道事業体及び企業の専門家から構成される全体会議（委員長：長岡裕・東京都市大学教授）及びそのもとに設置した「企業ワーキンググループ」により行われました。

ご指導を賜りました長岡委員長をはじめ委員の皆様に厚くお礼申し上げますとともに、貴重な情報や事例、実フィールド等にご協力いただきました厚生労働省、水道事業体、参加企業の関係各位に心よりお礼申し上げます。

令和６年３月

公益財団法人　水道技術研究センター理事長　安藤　茂

序文

Aqua-Bridge プロジェクトは、令和 4 年 10 月の発足式から始まり、令和 6 年 3 月末までに計 16 回の企業ワーキンググループと、計 6 回の全体会議を開催いたしました。学識者委員、事業体委員、企業委員から構成されるメンバーにより研究を推進してまいりましたが、今回取りまとめた研究成果は、実際にドローンを飛行させる企業だけではなく、水管橋に関連する幅広い分野の企業から選りすぐられた技術者の方々の精力的な活動、そしてそれを事業体目線から要望を出しながら有益な助言をいただいた事業体職員の方々、さらに委員会活動を滞りなく推進できるよう側面から支援していただいた水道技術研究センターの職員の方々のご尽力の結果であると改めて思う次第です。

研究を振り返ってみれば、まずはプロジェクトの参加メンバーである水道事業体委員に目視点検を含む従来の点検手法による調査内容とその課題、また、水管橋点検業務におけるドローン採用事例とその効果や課題などを確認するところから始まり、令和 5 年 3 月には第 1 回目となる実証実験を実施いたしました。それぞれ特徴の異なる 4 つのドローンを用いた実験を行いましたが、実証実験の結果は、令和 5 年 6 月に開催した中間報告会で広く情報共有を図ることができました。その後も実証実験を継続し、約 1 年半という短い研究期間の中で、実に全国 12 橋で実証実験を実施することができ、それらの研究成果を令和 6 年 3 月成果報告会にて発信することができました。この奇跡的ともいえる密度の濃い活動は、プロジェクトの産官学のメンバーが共同して成し遂げた、まさにチームワークの賜物でありますし、水道技術研究センターのプロジェクトの強みが発揮された取組みと感じております。

令和 5 年 3 月には厚生労働省が水道法施行規則の一部を改正する省令を行い、目視と同等以上の方法による点検が可能であることを明確化、水管橋等に対してもコンクリート構造物と同様に 5 年に 1 回以上の点検や、点検・修繕記録の保存等を義務付けるものとしており、令和 6 年 4 月から施行となっております。本研究で得られた知見が、全国の水道事業体においてドローンを用いた水管橋の点検手法導入を検討する上での道標になるものと確信しています。

最後に、本プロジェクトにご協力いただいた幹事長をはじめとする委員の皆様、水道技術研究センターの職員の方々に改めて深謝申し上げるとともに、委員会や実証実験にも立ちあっていただいた厚生労働省の皆様、実証実験のフィールドをご提供いただいた水道事業体の関係者各位に心より御礼を申し上げます。

令和６年３月

東京都市大学　建築都市デザイン学部
教授　長岡　裕

研究の概要

1. 背景

水道施設の多くは高度経済成長期に整備されたことから、近年、多くの施設が老朽化を迎えつつある。そうした状況の中、令和 3 年 10 月に発生した水管橋崩落事故では施設老朽化や維持管理の課題が顕在化した。

事故を未然に防ぐため、各水道事業体では吊材を含む水管橋をはじめ、水道施設の定期的な点検に取り組む必要があるが、点検に係る時間や人員等の問題から作業の効率化が求められている。

効率化の手段として、ドローンをはじめとする ICT 等新技術（以下、『新技術』という）の開発が進められているものの『水道施設の点検を含む維持・修繕の実施に関するガイドライン』（厚生労働省医薬･生活衛生局水道課 令和元年 9 月 作成）は具体的な点検事例が記述されるものではなく、各水道事業体にもノウハウがないことから、活用はあまり進んでいない状況であった。

このような背景から、水道技術研究センターでは、水道施設における新技術を活用した点検手法等の事例集作成プロジェクトを立ち上げることとした。

2. 目的

本プロジェクトでは、新技術を活用した点検手法等の実用性や課題点について検証を行うとともに、必要に応じて可能な範囲で水道施設での実証実験を行う。そして、これらの結果と課題等収集情報をあわせ報告書として整理し、広く情報共有することを目的とする。

同時に、現時点での技術の到達点を把握することで、今後の技術開発に資する事例集とすることも目的とする。

また、この事例集では水道分野における情報収集だけでなく、水道以外の分野で目覚ましい発展を遂げている新技術を水道分野に活用することで各事業体での業務の効率化の参考になることも目指している。

なお、当プロジェクトでは水道施設のうち、主に水管橋を対象とする。

～ **Aqua-Bridge**の由来 ～

Aqua - **Br**eakthrough **I**nspection Technology **D**esigned for **G**reat **E**ffectiveness の略称で、「水に関する－優れた効果を発揮するように設計された画期的な点検技術」という意味。

3. 研究体制

学識者、民間企業、水道事業体及びオブザーバーの産官学での体制とし、事務局を水道技術研究センターに置く。

学識者	東京都市大学　教授	長岡　裕　【委員長】
民間企業 **（五十音順）**	株式会社 NJS	奈良　俊二
		西山　優輔
	NTT ビジネスソリューションズ株式会社	速水　洋介
		射場　翠
		（河村　正士）
		（西村　卓馬）
	株式会社管総研	水船　博康
		今出　ゆかり
	コスモ工機株式会社	藤原　聖幸　【企業 WG 幹事長】
		宇佐美　和也
		（中里　謙介）
	三信建材工業株式会社	石田　　晃啓
		濵千代　悠太
	大成機工株式会社	浅井　久和
	株式会社多久製作所	江口　俊和
		弟子丸　剛志
	株式会社デック	潮　正彦
		矢口　義展
	株式会社日水コン	今村　健一　【企業 WG 副幹事長】
		行木　利彰
	日本ヴィクトリック株式会社	西原　康志
		海野尾　勉
	株式会社フソウ	田中　聡
		片岡　卓也
	株式会社ミライト・ワン	杉本　健
		佐藤　智弥
		（宇野　誠）
	明和工業株式会社	十河　文仁
	（2023 年（令和 5 年）3 月まで）	塩原　大樹

事業体	仙台市水道局	西澤　博
（会員名簿順）	埼玉県企業局	高橋　修一
	千葉県企業局	明渡　隆浩
	東京都水道局	須藤　高志
	神奈川県内広域水道企業団	杉山　浩
	横浜市水道局	加賀美　慎吾
	豊橋市上下水道局	田中　宏岳
	神戸市水道局	和氣　巨一
		（水上　和哉）
	高知市上下水道局	由井　宏明
オブザーバー	厚生労働省	
	公益社団法人 日本水道協会	
事務局	公益財団法人 水道技術研究センター	

※2023 年（令和 5 年）度末時点。（ ）は前担当。

4. 研究期間

令和 4 年 10 月から令和 6 年 3 月

目　次

1. 水管橋の点検と維持・修繕に関する現況 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・1

1.1 水管橋の概要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・1
1.1.1 水管橋の形式 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・2
1.1.2 水管橋に関する水道統計データ等 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・3
1.1.3 六十谷水管橋崩落事故 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・3

1.2 厚生労働省における水管橋の点検と維持・修繕に関する動向・・・・・・・・・・・・5
1.2.1 全国上水道水管橋緊急調査 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・5
1.2.2 全国における水管橋等の保有状況調査結果および点検頻度調査結果 ・・・・・・・9
1.2.3 水道法施行規則の一部を改正する省令・・・・・・・・・・・・・・・・・・・11
1.2.4「水道施設の点検を含む維持・修繕の実施に関するガイドライン」および
「水管橋等の維持・修繕に関する検討報告書」・・・・・・・・・・・・・・・・・11
1.2.5 デジタル原則・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・13

1.3 水道事業者等における水管橋の点検と維持・修繕 ・・・・・・・・・・・・・・・・15
1.3.1 従来の点検手法・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・15
(1) 点検方法・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・15
(2) 点検結果の評価方法・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・16
1.3.2 事業体の抱える課題・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・19
(1) 水管橋点検をする上での課題・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・19
(2) 水管橋点検にドローンを導入する（活用を続けていく）上での課題・・・・・・・・20

2. ドローンについて・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・22

2.1 ドローンの概要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・22
2.1.1 ドローンとは ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・22
2.1.2 ドローンの特徴・活用分野 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・23

2.2 ドローンの飛行について・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・25
2.2.1 ドローンの飛行に関する規制 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・25
2.2.2 航空法による規制 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・25
(1) 規制の対象となる機体 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・25
(2) 無人航空機の登録義務 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・25
(3) 無人航空機の飛行に関する規制 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・27
(4) 飛行許可・承認申請について ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・32
(5) 飛行の実施について ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・34

2.2.3 重要施設の周辺地域の上空における小型無人機等の飛行の禁止に関する法律（小型無人機等飛行禁止法）による規制・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・36
2.2.4 その他の関連法令等による規制・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・39

2.3 セキュリティに関する国の方針 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・42

2.4 事業体が直営で点検を実施する場合の注意点等 ・・・・・・・・・・・・・・・・45
(1) 専門業者に依頼するメリット・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・45
(2) ドローンの操縦について・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・45
(3) 事前準備・調査・計画・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・48
(4) 調査実施の注意点について・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・49
(5) データの整理・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・52
(6) ドローンのバッテリーについて・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・52
(7) 気象知識・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・54
(8) 電波・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・54
(9) 機体の挙動予測・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・55

3. ドローン等を活用した水管橋点検・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・56

3.1 ドローン等を活用した水管橋の点検手法・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・56
3.1.1 プロジェクトにおける検討内容 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・56
(1) 点検作業の内容 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・56
(2) プロジェクトで取り扱う ICT 等新技術 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・57
(3) 実証実験 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・58
3.1.2 ドローンを活用した点検手法（上部工）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・59
(1) パイプビーム形式 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・59
(2) トラス補剛形式 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・60
(3) ローゼ補剛形式 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・63
(4) ニールセンローゼ補剛形式 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・64
(5) 斜張橋形式 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・65
(6) 橋梁添架管形式 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・67
3.1.3 ドローンを活用した点検手法（下部工）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・69
3.1.4 ドローン以外の新技術 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・71
(1) ポールカメラ ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・71
(2) 自立式点検ポール ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・72
(3) AI（Artificial Intelligence：人口知能）による劣化状況の判断・・・・・・・・・・72

3.2 点検手法の選定・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・75
3.2.1 各手法の比較 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・77
3.2.2 点検可能箇所 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・85
3.2.3 点検手法の選択 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・87

3.3 ドローン点検の委託発注における留意事項・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・90
3.3.1 ドローン点検に伴う想定成果品容量（参考）・・・・・・・・・・・・・・・・・・90
(1) 動画データで保管する場合 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・90
(2) 写真データで保管する場合 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・94
3.3.2 ドローン点検に伴う想定時間及び想定費用（参考）・・・・・・・・・・・・・・・97
3.3.3 委託発注 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・99
(1) 必要な成果品 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・99
(2) 成果品の納入方法 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・99
(3) 調査範囲 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・99
3.3.4 委託仕様書（例） ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・100

3.4 今後の展望（事業体の希望・要望）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・103

4. ICT 等新技術を活用した水道施設の点検手法等に係る事例集・・・・・・・・105

4.1 第 1 回実証実験・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・106
4.1.1 三角トラス補剛形式 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・106
4.1.2 三角トラス補剛形式 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・112
4.1.3 逆三角トラス補剛形式 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・116
4.1.4 逆三角トラス補剛形式 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・123

4.2 第 2 回実証実験・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・128
4.2.1 ニールセンローゼ補剛形式・斜張橋 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・128
4.2.2 橋梁添架形式 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・136
4.2.3 ローゼ補剛形式 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・144

4.3 第 3 回実証実験・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・149
4.3.1 橋梁添架形式 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・149
4.3.2 橋梁添架形式 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・155
4.3.3 パイプビーム形式 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・160

5. 企業技術情報・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・167

5.1 水道管の製造・修繕に関する技術・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・168
5.1.1 水管橋製造技術（製管技術・塗装技術）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・168

5.2 付属設備等の製造・修繕に関する技術・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・170
5.2.1 空気弁枝管補修継手 RS-M 型・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・170
5.2.2 漏水補修・補強金具（プロテクタシリーズ）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・172
5.2.3 管路立ち上げ部における付属設備及び人孔蓋リニュアル工法 ・・・・・・・・・・・174
5.2.4 不断水補修弁交換工法 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・176
5.2.5 フランジサポートによる既設管路の耐震補強・・・・・ ・・・・・・・・・・・・・178
5.2.6 漏水補修金具「鋼管補修ステンレスバンド」・・・・・・・・・・・・・・・・・・・180
5.2.7 漏水予防金具「ベローズ型カバージョイント」・・・・・・・・・・・・・・・・・・182
5.2.8 ワンタッチ式溶接レス耐震性鋼管継手・一般用鋼管継手 ・・・・・・・・・・・・・184

5.3 データの記録・保管に関する技術・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・186
5.3.1 点検調査データ管理のクラウドサービス ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・186
5.3.2 地理情報システム（GIS）での点検結果管理・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・188
5.3.3 Photoruction Water ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・190

5.4 ドローンによる撮影に関する技術・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・192
5.4.1 全方向衝突回避センサーを有する高画質撮影可能な小型ドローン技術 ・・・・・・192
5.4.2 非 GNSS 環境対応型ドローンを用いた水管橋点検・・・・・・・・・・・・・・・・・・194

5.5 ドローン講習等に関する紹介・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・196
5.5.1 国家資格ドローン講習 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・196
5.5.2 民間資格ドローン講習 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・198

5.6 ICT 等に関する技術 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・200
5.6.1 ポールカメラを用いた水管橋点検 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・200
5.6.2 ドローン、AI を用いた「水管橋点検 DX」 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・202
5.6.3 たおれん棒・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・204

5.7 点検マニュアルに関する紹介 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・206
5.7.1 戦略的点検マニュアルの策定支援・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・206

1. 水管橋の点検と維持・修繕に関する現況

1.1 水管橋の概要

水道法　第一章　総則　第三条（用語の定義）において「水道とは、導管及びその他の工作物により、水を人の飲用に適する水として供給する施設の総体をいう。ただし、臨時に施設されたものを除く。」と規定されている。水を供給する導管として、水道管がある。水道管は、その給水区域内の隅から隅まで布設されており、一般的に道路下に埋設されるが、布設ルート上にある河川、道路及び鉄道等の横断が必要となる場合、橋によって架空することがある。この際、水道管の横断を主な目的に独立して架設する方法と、道路橋等の橋梁に添架する方法に分けられ、これらを総称して水管橋という。

水管橋には様々な形式が用いられている。水道施設における水道管は、導水管・送水管・配水管に分類されるが、水管橋は、そのすべてにおいて利用されている。水管橋の長さは、水道管の口径にもよるが、数 m という小規模なものから、一般的な規模での長さとしては、単径間（支点間が一つであるもの）では 20m～80m 程度となる。多径間では、より長いものがある。それらのうち、水道管として独立して架設された鋼製水管橋の中で、国内で古いものは、神戸市水道局の導水管路である武庫川第一橋梁（鈑桁とトラスの複合形式、全長約 82m）、武庫川第二橋梁（鈑桁とトラスの複合形式、全長約 58m）及び武庫川第三橋梁（トラス形式、全長約 66m）が 1917 年（大正 5 年）に完成し、現存している（写真-1.1、写真-1.2、写真-1.3）。また、規模の大きいものでは、埼玉県企業局　荒川水管橋（ローゼ補剛形式 1,101m）が 1984 年（昭和 59 年）に完成し、国内最長となっている（写真-1.4）。以上のように、水管橋は、水道管として必要不可欠なものとなっている。

写真-1.1　武庫川第一橋梁
（提供：神戸市水道局）

写真-1.2　武庫川第二橋梁
（提供：神戸市水道局）

写真-1.3　武庫川第三橋梁
（提供：神戸市水道局）

写真-1.4　荒川水管橋
（提供：埼玉県企業局）

1.1.1 水管橋の形式

水管橋は、管径、支間長、架設地点の地理的条件、道路橋等の有無及び景観との調和を考慮して、最も適切な構造形式が選ばれる。水管橋の形式は、水管橋を単独で架設する「単独水管橋」と道路および鉄道などの橋梁に添架する「橋梁添架形式」とに大別される。さらに単独水管橋は、通水管を単独で架橋する「パイプビーム形式」と通水管に補剛部材を追設する「補剛形式」に分類される。水管橋のうち架設する水道管に鋼管を用いる鋼管水管橋の構造形式は図 1-1 のとおり。

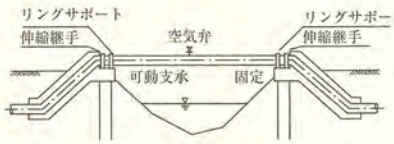
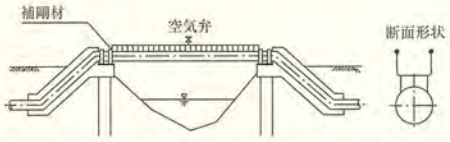
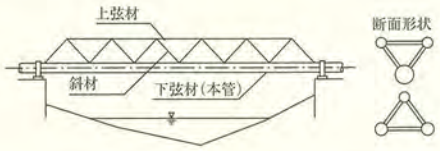
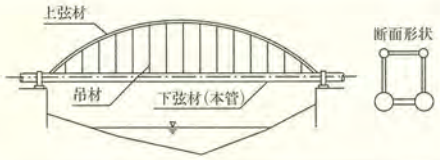
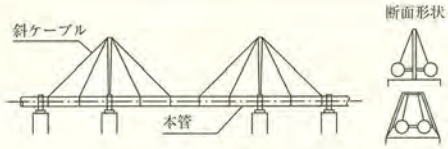
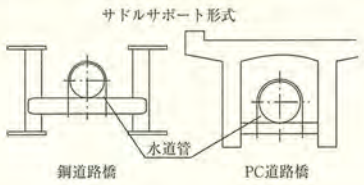
形式		構造形式	概説
パイプビーム形式	単純支持形式		水道管をリングサポート、サドルサポートによって支持する。伸縮継手、サポートの構造で角変位および伸縮を吸収する。 類似構造形式として、一端自由一端固定支持、連続支持、両端固定等がある。
補剛形式	フランジ補剛形式		水道管にT型π型等のフランジ補鋼を設け水道管の剛性を補う形式である。 補剛取付の位置は管頂が一般的であるが管下側もある。
	トラス補剛形式		水道管をトラス上下弦材として利用したものでパイプの特性を有効に利用した形式。 トラスの形状によって三角トラス形式、ボックス型トラス形式等がある。
	ランガー補剛形式		水道管を補剛アーチ橋の補剛桁に用い上弦材の格点から垂直吊材によって水道管を吊った形式。 各部材は軸力主体で決定されるため合理的な形式である。
	ニールセンローゼ補剛形式		水道管を補材アーチ橋の補剛桁に利用したものでアーチ上弦材(連続曲線形)の格点から斜め吊材によって水道管を吊った形式。
	斜張橋補剛形式		水道管を連続パイプビーム橋としそれを塔より張り渡した斜ケーブルで補強した形式。 この形式は特に風の影響を受け易いので十分な配慮が必要である。
橋梁添架形式	鋼道路橋 PC道路橋		構造上はパイプビーム形式に相当する。 橋体利用による工費、場所等の軽減となる。 水道管と道路橋との相対的な各種変位の対策、サポートは地震時荷重に十分なる強度、付属設備及び架設方法の検討を要す。

図 1-1　鋼管水管橋の構造形式

出典:水道施設設計指針 2012(公益社団法人日本水道協会)

1.1.2 水管橋に関する水道統計データ等

公益社団法人日本水道協会が発行する

令和元年度水道統計から水管橋に関するデータとして、2019 年度（令和元年度）末時点での水管橋を含む水道管（導水管・送水管・配水管）の延長を以下に示す。水道管の総延長は、全国の水道事業者等において、約 73 万 km となっている。（表 1-1）

表 1-1　導水管・送水管・配水管延長

	導水管[km]	送水管[km]	配水管[km]	計
上水道事業	12,355	28,013	675,225	715,593
用水供給事業	1,081	10,129	-	11,210
計	13,436	38,142	675,225	726,803

出典：令和元年度水道統計（公益社団法人日本水道協会）

そのうち水管橋は、国による全国の水道事業者等への調査から 2021 年度（令和 3 年度末）末時点で全国に約 14.6 万箇所が設置されていることが分かっている。また、形式別では、橋梁添架形式が最も多く約 9.6 万箇所（65.3%）、次いでパイプビーム形式が約 4.3 万箇所（29.2%）となっている。（表 1-2）

表 1-2　各水管橋形式の箇所数

	補剛形式 [箇所]	パイプビーム形式 [箇所]	橋梁添架形式 [箇所]	その他 [箇所]	総数 [箇所]
箇所数	4,197	42,772	95,547	3,801	146,317
割合	2.9%	29.2%	65.3%	2.6%	100%

出典：厚生労働省による調査結果から抜粋

1.1.3 六十谷水管橋崩落事故

2021 年（令和 3 年）10 月３日、和歌山県和歌山市の紀の川以北地域への唯一の送水ルートである六十谷水管橋の吊材が破断し、中央部の径間が落橋した。送水ルートは、メインの加納浄水場からその水管橋を通る一系統しかなく、それにより、約６日間、約６万世帯（約 13 万８千人）が断水した重大な事故であった。六十谷水管橋は、水道管の呼び径 900mm の２条のランガー形式の水管橋で、供用開始から 47 年（1973 年度（昭和 48 年度）竣工）。本水管橋は全長 546m、7 径間であったが、うち中央部の 59.3m、４径間目が落橋した。事故後は、関係者の努力によって、仮設配管によって落橋事故の発生から 8 日後の 10 月 10 日には紀の川以北全域での給水が可能となり、架替工事についても河川内での工事が可能な翌年６月 15 日までの非出水期間内に無事完了している。和歌山市が実施していた水管橋の点検頻度は、年に一度歩廊を歩いて目視するものと、

水管橋と並列して架橋されている道路橋から月に一度視認していた。しかしながら、塗装の塗り替えを長らく実施されていなかったこと、歩廊からは目視が難しい水管橋吊り材の腐食による破断であったことから、それに気が付くことができず、水管橋の一部が崩落した。調査から崩落した部分の吊り材 18 本のうち 9 本が腐食、破断していたことが分かっている。事故の重大性を鑑みて、事故原因の究明と検証、再発防止を目的とした、4 名の有識者による調査委員会が立ち上げられ、オブザーバーとして、国土交通省及び厚生労働省も参加した。調査委員会において、事故原因の究明はもとより、復旧方法や今後の維持管理方法についても提言を行い、和歌山市では、その後に水管橋維持管理マニュアルを策定している。崩落を招いた原因として、鳥の糞害や塩害、塗装の塗り替えの遅れといった複数の要因が挙げられている。調査委員会では、「落橋の要因とメカニズム」として、「吊材の著しい腐食を十分に確認できず、腐食の影響により吊材のほとんどが連鎖的に破断したことで、水管橋全体が脆性的に落橋した。」としている。

1.2 厚生労働省における水管橋の点検と維持・修繕に関する動向

1.2.1 全国上水道水管橋緊急調査

厚生労働省では、上述の和歌山市で発生した六十谷水管橋の崩落事故を受け、全国の水道事業者等へ水道法第 22 条の２に基づく水管橋の維持及び修繕について依頼をするとともに、全国の水道事業者等における水管橋に対して緊急調査（調査期間：2021 年（令和３年）10 月８日～15 日及び同月 27 日～12 月 16 日）を行っている。その調査結果を以下に示す。調査は、定期点検の状況、水管橋崩落事故を受けた緊急点検の状況、修繕の必要性の有無等についての調査も同時に行っている。

調査の結果は、全国の水道事業者等の保有する水管橋（補剛形式：崩落事故と同じ分類とされる形式）の数は、3,481 箇所。また、水道事業者等において、今回の事故を契機に点検の見直しが図られている状況や、緊急点検の実施状況、今後必要に応じて修繕を実施する予定であること等が把握できたとしている。（図 1-2～図 1-9）

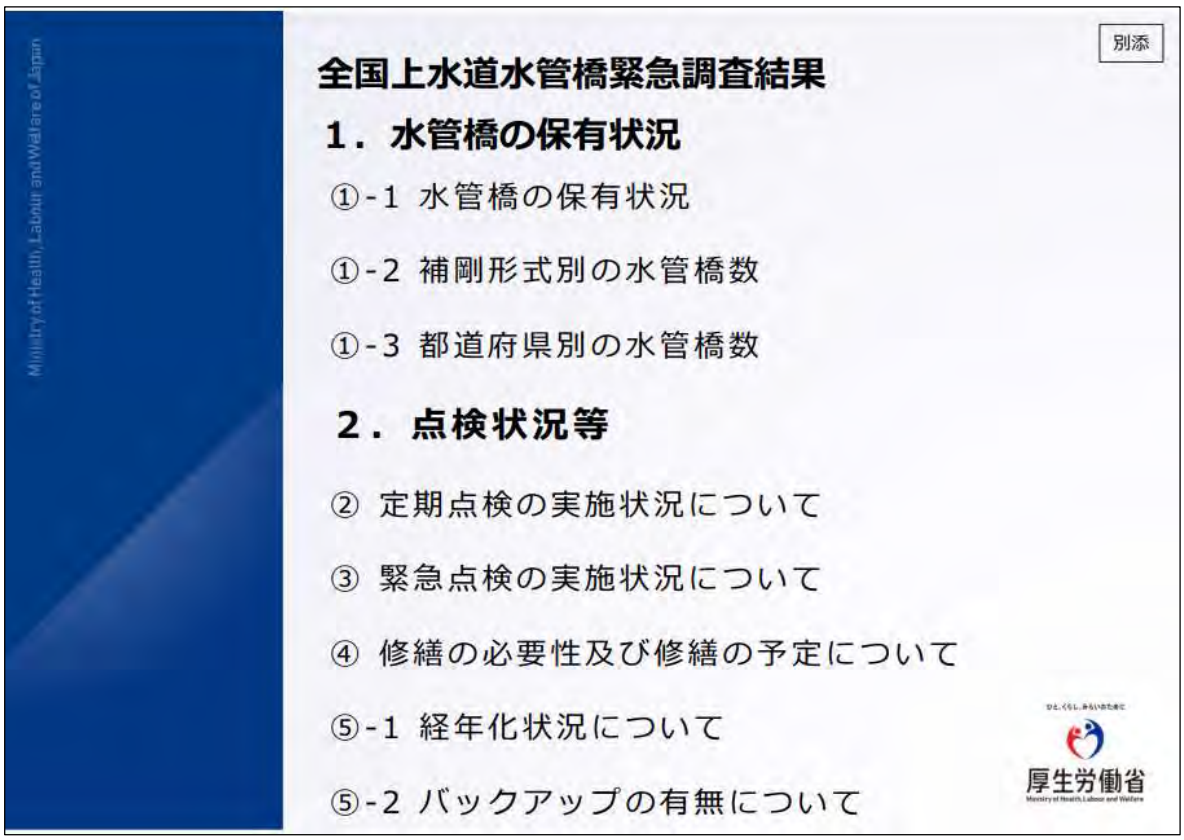


図 1-2　全国上水道水管橋緊急調査結果

出典:厚生労働省

別添

①-1 水管橋の保有状況

全国における水管橋（補剛形式）の数は、3,481箇所であった。

表-1　補剛形式別の管橋数

	導水管	送水管	配水本管	配水支管	合計
フランジ補剛形式	75	274	427	328	1,104
トラス補剛形式	150	600	530	502	1,782
ランガー補剛形式	12	65	37	14	128
ニールセンローゼ補剛形式	2	11	6	6	25
斜張橋補剛形式	6	12	8	5	31
その他（上記以外の形式）	31	71	111	198	411
合計	276	1,033	1,119	1,053	3,481

※詳細内訳は8，9ページ参照

-3-

図 1-3　全国上水道水管橋緊急調査結果

出典:厚生労働省

別添

①-2 補剛形式別の水管橋数

- 補剛形式別では、トラス補剛形式が最も多く1,782箇所（51%）、次いでフランジ補剛形式が1,104箇所（32%）であった（図-1）。
- 管種別では、配水本管が最も多く1,119箇所（32%）、次いで配水支管が1,053箇所（30%）であった（図-2）。

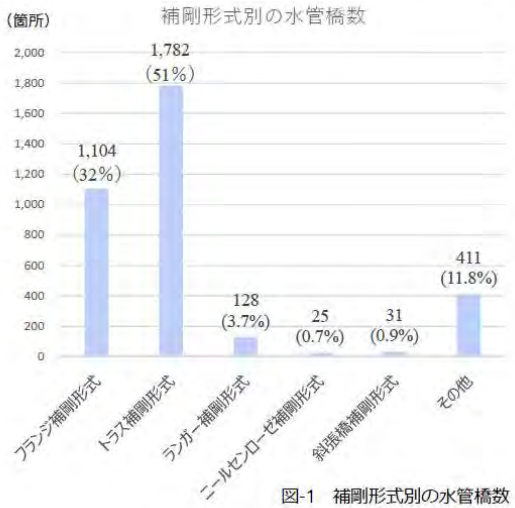


図-1　補剛形式別の水管橋数

図-2　管種別の水管橋数

図 1-4　全国上水道水管橋緊急調査結果

出典:厚生労働省

別添

①-3 都道府県別の水管橋数

- 都道府県別では、兵庫県が最も多く297箇所、次いで新潟県が212箇所であった（図-3）。

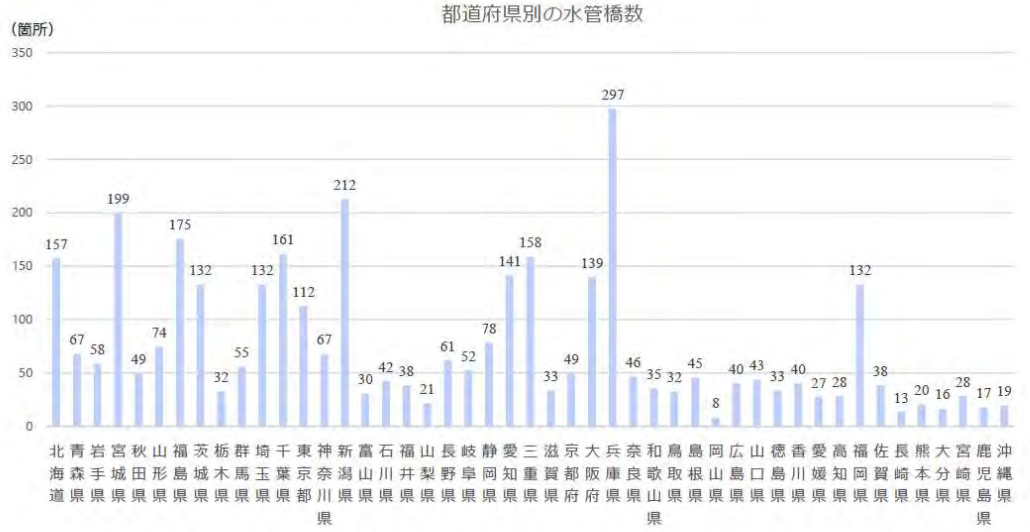


図-3　都道府県別の水管橋数

図 1-5　全国上水道水管橋緊急調査結果

出典：厚生労働省

別添

②定期点検の実施状況について（全体）

- 定期点検については、81%の水管橋において実施されており、そのうち、補剛部材まで定期点検しているのは55%であった（図-４）。また、点検していない19%についても緊急的な点検を行った、もしくは今後行う予定としている（後述）。
- 定期点検時に補剛部材まで点検していなかったもの、及び、定期点検していなかったものについては、今後は点検を実施する予定としているものが89%、点検に向け検討中であるものが10%であり、点検の予定なしとしているものはなかった（図-５）。
- このように、今回の事故を契機に、これまで点検が不十分であった水管橋についても、点検の見直しがなされている。

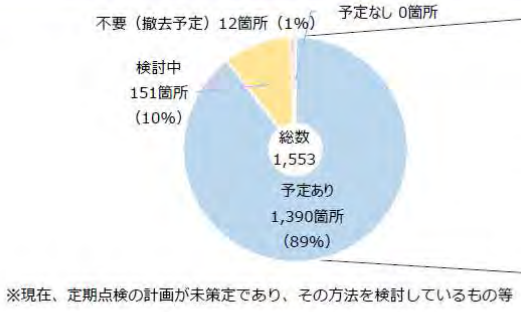


図-５　今後の点検の実施予定

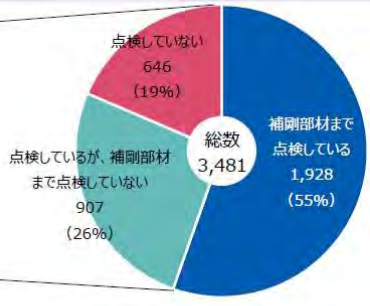


図-４　水管橋の点検の実施の有無

図 1-6　全国上水道水管橋緊急調査結果

出典：厚生労働省

別添

②定期点検の実施状況について（計画給水人口別）

- 計画給水人口別で定期点検の実施状況をみると、25万人以上の水道事業者が保有している水管橋は80%近く補剛部材まで点検しており、点検をしていない水管橋は少数であることがわかる。
- ５～25万人未満の水道事業者が保有している水管橋は40%超が補剛部材まで点検しているが、半数以上が補剛部材まで点検できていないことがわかる。
- ５万人未満の水道事業者が保有している水管橋は30%程度は補剛部材まで点検しているが、点検をしていない水管橋も多いことがわかる。

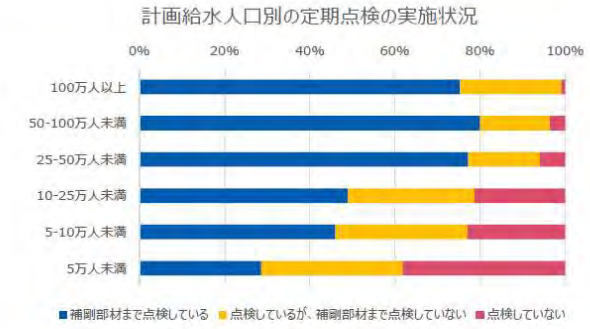


図-６　計画給水人口別の定期点検の実施状況

-5-

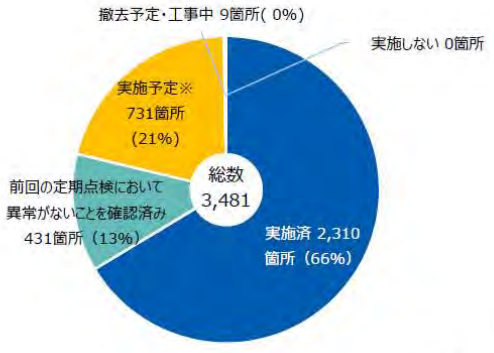
図 1-7　全国上水道水管橋緊急調査結果

出典：厚生労働省

別添

③緊急点検の実施状況について

- 今回の事故を受けた緊急点検については、66%の水管橋で実施されており、前回の定期点検結果を確認したものを含めると、79%の水管橋に対して、既にチェックが行われた。
- 21%の水管橋において、緊急点検を実施予定とされており、これにより、撤去予定又は工事中のものを除く全ての水管橋において、状況の確認がなされる予定。



※　修繕の必要性が無いことは確認しているが、念のため緊急点検を実施する予定のものも含まれている。

図-７　緊急点検の実施の有無

図 1-8　全国上水道水管橋緊急調査結果

出典：厚生労働省

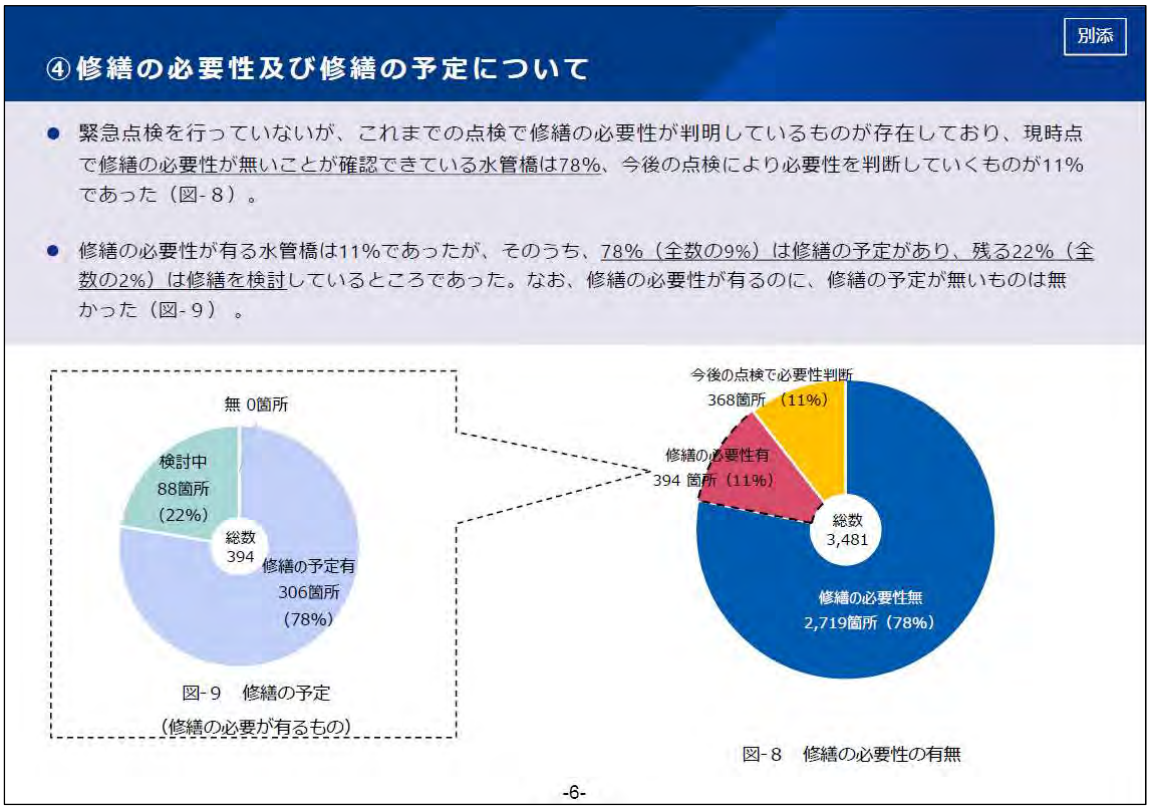


図 1-9　全国上水道水管橋緊急調査結果

出典：厚生労働省

1.2.2 全国における水管橋等の保有状況調査結果および点検頻度調査結果

厚生労働省では、先の事故を契機とした水道法施行規則の改正、「水道施設の点検を含む維持・修繕の実施に関するガイドライン、令和元年 9 月」（以下、「厚生労働省ガイドライン」と称す）の改訂のため、緊急調査を行った翌年に 2021 年度（令和 3 年度）末時点における全ての形式の水管橋について水道事業者等へ全国調査（調査期間：2022 年（令和 4 年）8 月 5 日から 8 月 29 日）を行った。その調査結果を以下に示す。

調査の結果として、全国の水管橋等の数は、2021 年度（令和 3 年度）末時点で約 14.6 万箇所。概ね管路延長 5km あたり 1 箇所の割合で存在し、水道事業者等の規模が大きいほど多くの水管橋等を管理している傾向があるとしている。また、約 71%の水道事業者が 5 年に 1 度以上の頻度で点検を実施しており、水道事業者等の規模が小さいほど点検頻度が低い傾向があるとしている。（図 1-10、図 1-11）

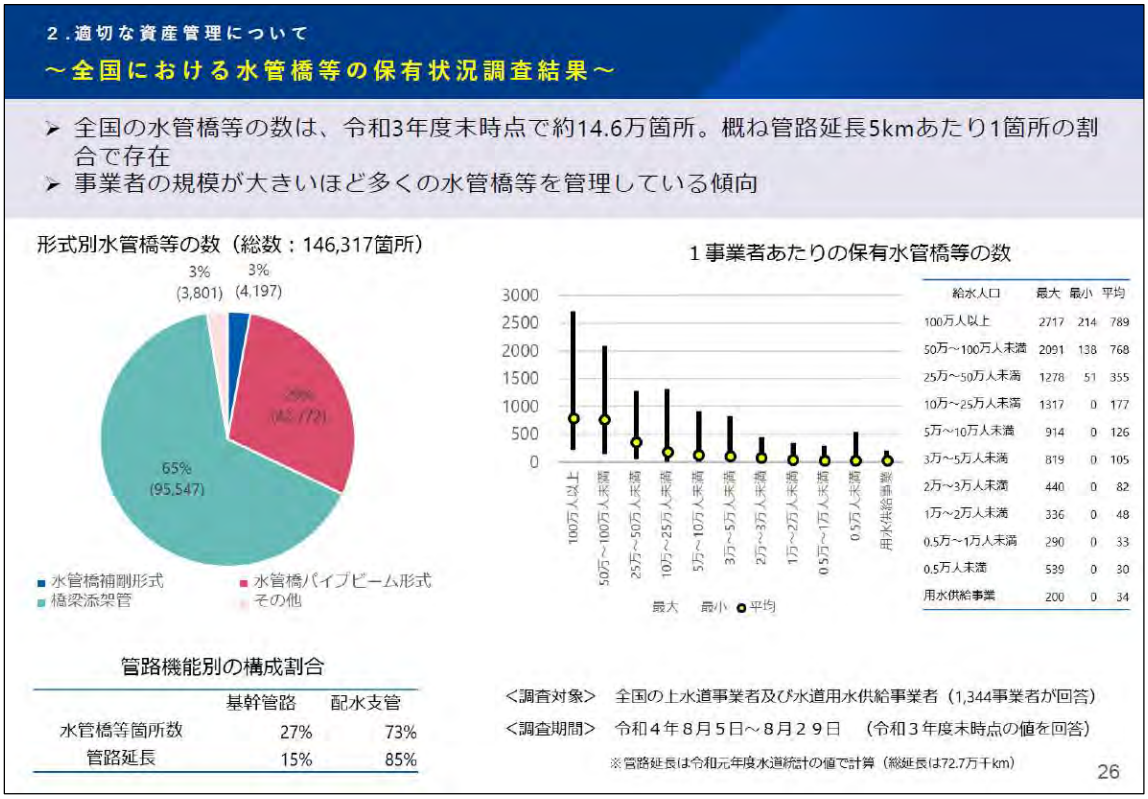


図 1-10　全国における水管橋等の保有状況調査結果

出典：厚生労働省

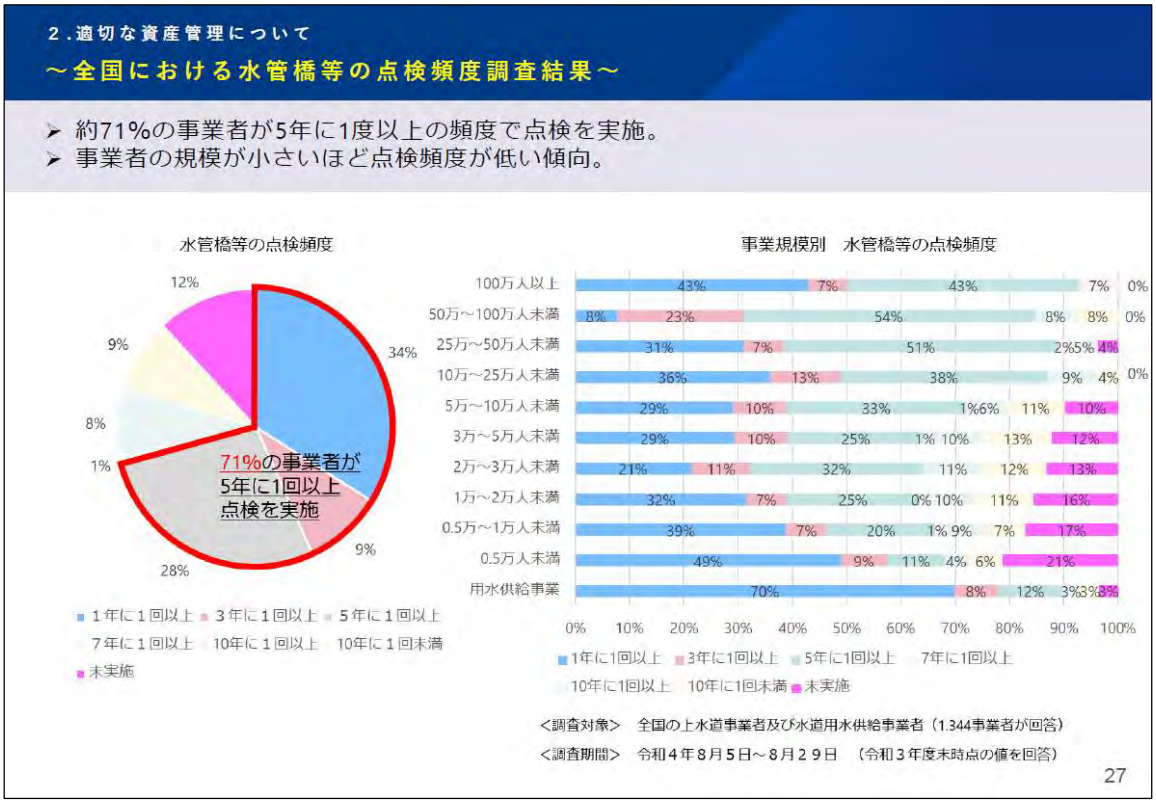


図 1-11　全国における水管橋等の点検頻度調査結果

出典：厚生労働省

1.2.3 水道法施行規則の一部を改正する省令

厚生労働省では、2021 年（令和 3 年）10 月に発生した六十谷水管橋の破損事故等を契機として、2023 年（令和 5 年）3 月に省令改正（2024 年（令和 6 年）4 月 1 日施行）を行っている。省令改正に関する検討は、学識者等による「水道の諸課題に係る有識者検討会」において、水道が抱える諸課題の一つとして「水管橋崩落を受けた今後の施設の維持管理制度」が取り上げられて進められた。

省令改正と合わせて発出された通知において、改正の趣旨と要旨は次のように示されている。

改正の趣旨について、水道法　第 22 条の２第１項において、水道事業者は、厚生労働省令で定める基準に従い、水道施設を良好な状態に保つため、維持及び修繕を行なわなければならないこととされており、同条第２項においては、当該基準には、水道施設の修繕を能率的に行うための点検に関する基準を含むものとされている。これに基づき、水道法施行規則　第 17 条の２において、水道施設の維持及び修繕の基準（点検に関する基準を含む。）が定められているが、六十谷水管橋の破損事故等を踏まえ、同条の規定について所要の改正を行うとしている。

改正内容については、目視による点検だけではなく、目視と同等以上の方法による点検が可能であることを明確化、水管橋等に対しても、コンクリート構造物と同様に５年に１回以上の点検や、点検・修繕記録の保存等を義務付けるものとしている。

また、通知では、それらと合わせて新技術の活用について触れられている。水道法施行規則における巡視について、現場へ赴く巡視はもとより、それと同等以上の状態把握ができる方法による遠隔での確認行為も巡視にあたることや、遠隔による巡視や目視と同等以上の方法による点検にあたっては、水道施設を良好な状態に保てることを前提として、人による評価や判定の全部又は一部の代わりに AI 等の新技術を用いて、評価や判定の精緻化、自動化・無人化を行うことが期待できるとし、点検（調査・診断）を含む維持・修繕の実施に際して、効率性や客観性を重視し、新技術の活用を積極的に検討することが望ましいとしている。これらは、後述するデジタル原則を反映したものとなっている。

1.2.4「水道施設の点検を含む維持・修繕の実施に関するガイドライン」および「水管橋等の維持・修繕に関する検討報告書」

厚生労働省では、水道施設の維持・修繕を適切に行うことで、老朽化等に起因する事故を防止するなど水道施設を適切に管理するとともに、予防保全の観点から、点検等を通じて施設を適切に把握し、施設の長寿命化による投資の抑制を図る必要があるとしている。また、水道事業者等において所管する水道施設に対して、点検等の方法や頻度等が定められ、異常を把握した場合には速やかに修繕等の対応を取るなど、水道事業者等が適切に維持・修繕の措置を実施する際の参考となるよう、「水道施設の点検を含む維持・修繕の実施に関するガイドライン（以下、「厚生労働省ガイドライン」と称す）」を 2019 年（令和元年）９月に作成。そして、今回の六十谷水管橋の破損事故等を契機として、2023 年（令和 5 年）3 月の省令改正と合わせて「厚生労働省ガイドライン」の改訂を行い、「水管橋等の維持・修繕に関する検討報告書（以下、「厚生労働省検討報

告書」と称す）」をとりまとめている。「厚生労働省ガイドライン」改訂に関する検討は、水道事業者等を会員とする日本水道協会において「水道施設の維持・修繕に係わる専門委員会」が設置され、進められた。

改訂された「厚生労働省ガイドライン」では、改正された施行規則によって定められた水管橋等における点検・修繕記録の保存等の基準に従い、水道事業者等が点検を含む維持・修繕の内容を定めるにあたっての基本的な考え方が示されている。主な内容は次のとおり。第１章「総説」においては、ガイドライン改訂の経緯が追記されている。第３章「『点検を含む維持・修繕』の実施方法」では、巡視・点検に係る新技術が活用できる旨の記載や、施行規則で定める対象施設、点検手法、点検頻度等と点検及び修繕の記録方法が記載されたほか、水管橋及び橋梁添架管の項は、水管橋崩落事故等を踏まえて得られた知見を元に大幅に改訂されている。第６章「導水施設」では、水路橋の記載に水管橋等に準じる旨が記述されている。新たに作成された「厚生労働省検討報告書」では、「厚生労働省ガイドライン」を補足する資料として、水管橋等の維持管理に係る知見や効果的に維持管理を行うための考え方等について詳細に記載がされている。主な内容は次のとおり。第１編「水管橋等の概要」では、水管橋等の概要として、水管橋等の種類・特徴や劣化のメカニズム、弱点や問題点を整理している。第２編「水管橋等の点検を含む維持・修繕」では、水管橋等の点検を含む維持・修繕の考え方や留意点について、ガイドラインに記載した内容をより詳細・具体的に記載しており、ガイドラインを補足する資料となっている。また、参考資料として、事故事例と他の維持管理基準例が掲載されている。（図 1-12）

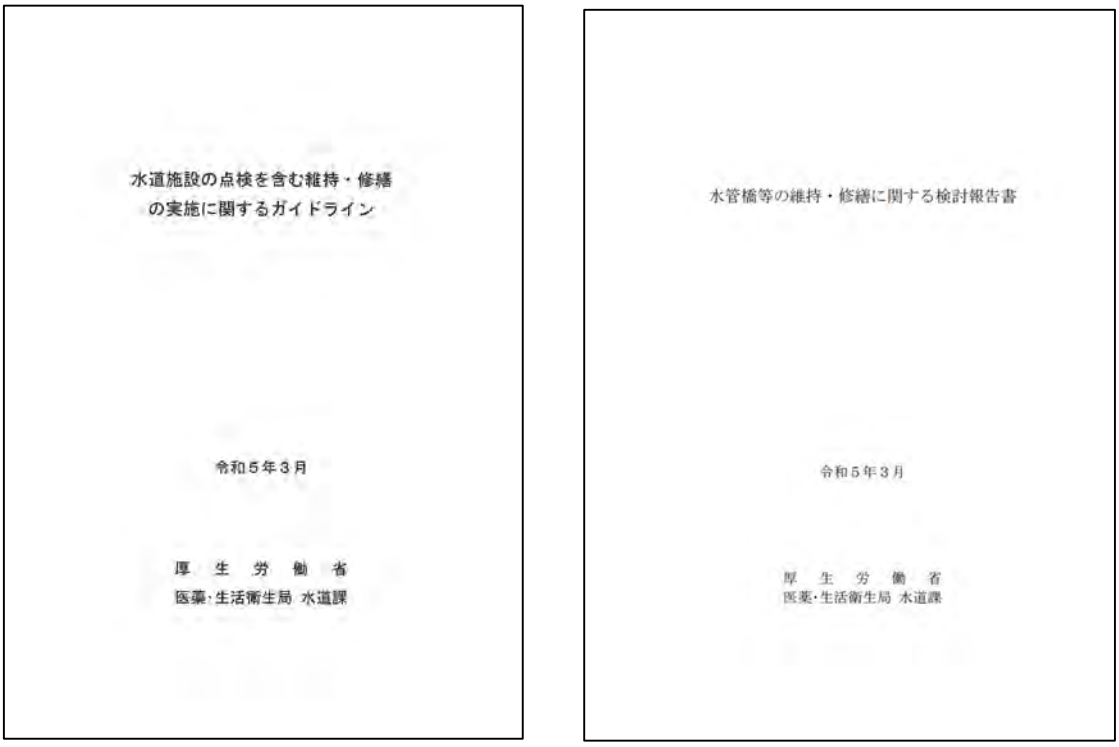


図 1-12 「水道施設の点検を含む維持・修繕の実施に関するガイドライン」および「水管橋等の維持・修繕に関する検討報告書」

出展：厚生労働省

図 1-13　水道の諸課題に係る有識者検討会資料から抜粋

出展：厚生労働省

1.2.5 デジタル原則

2021 年（令和３年）11 月、国において、デジタル改革、規制緩和、行政改革に係る横断的課題を一体的に検討し実行することにより、国や地方の制度・システム等の構造改革を早急に進め、個人や事業者が新たな付加価値を創出しやすい社会とすることを目的としてデジタル臨時行政調査会が設置された。デジタル臨時行政調査会では、デジタル原則が策定され、「デジタル社会の実現に向けた重点計画」（2022 年 6 月 7 日閣議決定）において提言されている。デジタル原則とは、国が進めるデジタル改革・規制改革・行政改革など、デジタル社会の実現に向けた構造改革のための共通の指針として政府が策定した 5 つの原則を指す。（図 1-14）国では、さまざまな規制・制度をこの原則に沿って見直すことで、デジタル化への構造改革を一体的に推進していくとしており、水道法施行規則 17 条の２の改正においては、見直し方針の一つとして、デジタル原則のうち目視･実地監査規制として類型化される法令での規制について、デジタル原則を反映している。（図 1-15）

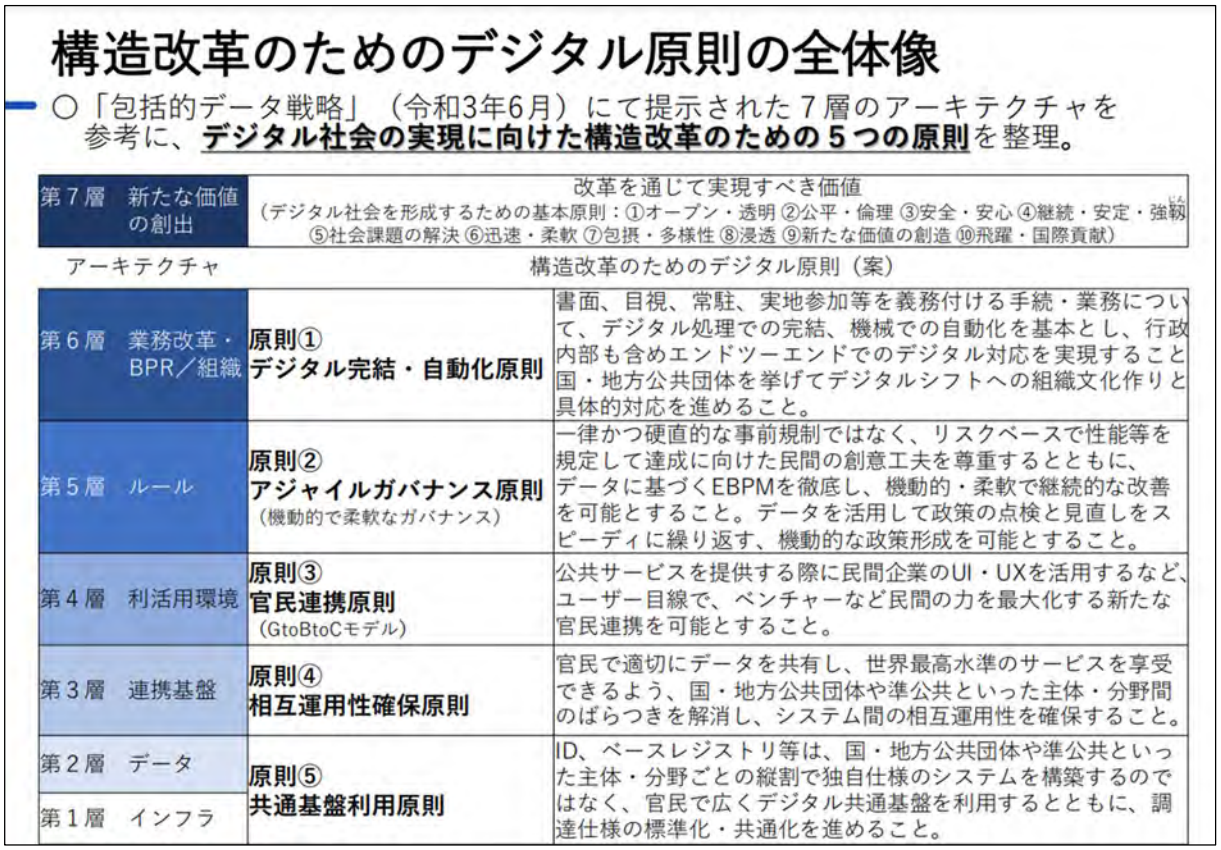


図 1-14　デジタル原則

出典：デジタル庁

図 1-15　目視・実地監査規制の類型化とフェーズ（詳細）

出典：デジタル臨時行政委員会

1.3 水道事業者等における水管橋の点検と維持・修繕

1.3.1 従来の点検手法

(1) 点検方法

これまでの水管橋の点検は、水道事業者等が巡視時に行う目視点検などの比較的簡易な方法が主体であり、点検歩廊がある場合には、歩廊から確認できる範囲で近接した点検が行われてきた。また、塗装の劣化にともない塗装を更新する際には、作業足場を利用して水管橋に近接し、詳細な目視点検や鋼材の腐食状況や部材厚測定などの詳細調査を行う場合もあった。さらに一部の水道事業者では、水管橋の構造や維持管理に専門的な知識を有する技術者に外部委託し、劣化調査業務として詳細調査を行っている事例もあった。

詳細点検では水管橋の各部材に近接する必要がある。これまでに一般的な仮設足場や高所作業車の使用のほかにも、状況に応じてロープアクセスによる点検やフロートなどの作業台船または船舶などを使用した点検が行われてきた。

【従来の主な水管橋点検手法の例】

・遠望目視点検
・点検歩廊などから近接し、確認できる範囲の近接目視点検
・仮設足場を使用した近接点検（詳細点検）
・高所作業車、橋梁点検車等の点検用車両を使用した近接点検（詳細点検）
・作業台船、船舶等を使用した近接目視点検（詳細点検）
・その他、ポールカメラやロープアクセスによる点検など

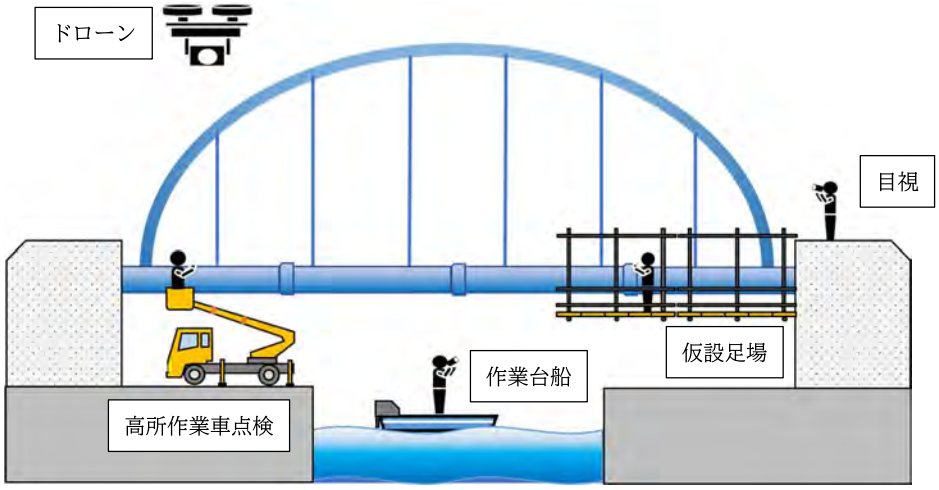


図 1-16　従来の主な点検手法例

一般的な水管橋の維持管理では、まず目視調査で主に水道管からの漏水の有無や塗装の劣化状況などを確認し、異常が確認された場合には、詳細調査で近接して水道管を含む鋼材の腐食状況や腐食による減肉量などを定量的に評価した点検結果をもとに対策を講じる流れとしていることがほとんどである。しかし、遠望や点検歩廊等からの目視点検では、視認できる範囲が限られ、補剛部材を有する大規模な水管橋等においては、劣化状況を十分に把握できないことがある。六

十谷水管橋の崩落事故でも点検歩廊からの巡視（点検）が定期的に行われていたが、死角となる吊材接合部の腐食を見逃していたことが事故の要因の一つであるといわれており、目視点検の際に視認できない範囲の劣化状況をどのように把握するかが重要なポイントとなる。

(2) 点検結果の評価方法

これまでの水管橋の点検結果の多くは、「厚生労働省ガイドライン」や、経年的な変化を捉えることができる外面塗装を中心とした水管橋（露出配管）の劣化診断手法として水道事業者等に広く用いられている日本水道協会・WSP（日本水道鋼管協会）の「露出鋼管（水管橋等）～外面塗装劣化診断評価の手引き～、平成 25 年 3 月」（以下、「WSP 手引き」と称す）に準じて評価されている。

「厚生労働省ガイドライン」による評価方法は、主に水道管や空気弁の漏水の有無や構造部材の腐食や変形など、水管橋を構成する主な部材の劣化状態を A、B、C、D、N の 5 段階で評価し、評価に応じた対応や修繕工事の実施を検討するものである。「厚生労働省ガイドライン」は前節のとおり、六十谷水管橋の崩落事故を契機に、水管橋に関する内容が大きく見直された。

「WSP 手引き」による評価方法は、塗装の防食機能の低下により水道管に重大な腐食が生じる前に、予防的な措置として塗装更新時期を判定することを目的とし、主に目視点検により水管橋の劣化状態を「景観性」と「防食性」の視点からそれぞれの劣化度指数を客観的に点数化し、以後の管理区分（定期点検、重点管理、塗装塗替え）を総合的に判定するものである。目視点検により比較的容易に、かつ客観的に水管橋の劣化状態を数値化して判定できるため汎用性が高く、これまで多くの点検で使用されてきたと考えられる。

また、水管橋を構成する構造部材や空気弁などの水道管以外の部位については、水道管と同じ方法で「塗装（腐食）劣化」に対する評価を行うことに加え、国土交通省や各自治体の道路橋に適用される「橋梁定期点検要領」の考え方に準じた評価を行い、劣化損傷がみられる場合は、塗装劣化による管理区分の判定から 1 段階引き上げることなど、構造部材についても考察が示されている。

なお、「WSP 手引き」は、構造部材に関する内容も含め、2024 年度（令和 6 年度）当初に「水管橋点検・評価マニュアル」（以下、「WSP マニュアル」と称す）として新たに制定される予定である。「WSP マニュアル」では、部材ごとの評価手法について、改訂された「厚生労働省ガイドライン」で示されている劣化グレード判定の手法に基づき、具体的かつ実務的なものがとりまとめられている。

			点検日	年　月　日
	所属/受託者		担当者	
水管橋等の名称		水管橋等台帳番号		
種　別		点　検　項　目	評　価	
上部工主構部		漏水の有無	□A □B □C □D □N	
		外面塗装の状況（剥離、発錆）	□A □B □C □D □N	
		変形の有無及び腐食	□A □B □C □D □N	
上部工付属設備	空気弁	漏水の有無	□A □B □C □D □N	
		外面塗装の状況（剥離、発錆）	□A □B □C □D □N	
		変形の有無及び腐食	□A □B □C □D □N	
		空気弁断熱材の損傷	□A □B □C □D □N	
	伸縮管	漏水の有無	□A □B □C □D □N	
		外面塗装の状況（剥離、発錆）	□A □B □C □D □N	
		変形の有無及び腐食	□A □B □C □D □N	
		伸縮管の変位状況	□A □B □C □D □N	
	リング サポート	外面塗装の状況（剥離、発錆）	□A □B □C □D □N	
		変形の有無及び腐食	□A □B □C □D □N	
	サドル サポート	外面塗装の状況（剥離、発錆）	□A □B □C □D □N	
		変形の有無及び腐食	□A □B □C □D □N	
	添架 支持金物	外面塗装の状況（剥離、発錆）	□A □B □C □D □N	
		変形の有無及び腐食	□A □B □C □D □N	
	落橋防止 構造	外面塗装の状況（剥離、発錆）	□A □B □C □D □N	
		変形の有無及び腐食	□A □B □C □D □N	
	歩廊	外面塗装の状況（剥離、発錆）	□A □B □C □D □N	
		変形の有無及び腐食	□A □B □C □D □N	
	進入防止柵	外面塗装の状況（剥離、発錆）	□A □B □C □D □N	
		変形の有無及び腐食	□A □B □C □D □N	
	支承	支承機能（スライド状況）	□A □B □C □D □N	
		変形の有無及び腐食	□A □B □C □D □N	
		アンカーボルトの変形及び腐食	□A □B □C □D □N	
		調整モルタルの状況（割れ、隙間）	□A □B □C □D □N	
		沓座面のコンクリートの状況	□A □B □C □D □N	
下部工	橋台	コンクリートのひび割れ、鉄筋の露出	□A □B □C □D □N	
		沈下の有無	□A □B □C □D □N	
	橋脚	コンクリートのひび割れ、鉄筋の露出	□A □B □C □D □N	
		傾きの有無	□A □B □C □D □N	
		外面塗装の状況（剥離、発錆）	□A □B □C □D □N	
管理用地		フェンス、無断使用、不法投棄等	□A □B □C □D □N	
特記事項（評価A,B,Nの場合）			修繕依頼をする場合	
			担当部門：	
評価の記入方法 A：損傷に著しい箇所があり、早急な修繕工事が必要（具体的状況を記入） B：詳細調査を実施し、修繕工事等の必要性の検討が必要（具体的状況を記入） C：今後継続して損傷調査が必要 D：現状では大きな問題はない N：未点検又は不明（具体的理由を記入）				監督員

（出典　管路維持管理マニュアル作成の手引き（平成26年3月）（水道技術研究センター））

図 1-17　「厚生労働省ガイドライン」による点検結果の評価例

出典：「水道施設の点検を含む維持・修繕の実施に関するガイドライン、令和元年9月」（厚生労働省）

〔塗装の評価点（防食性の場合）〕

評価	さび	はがれ	われ
3	さびがない。	はがれがない。	われがない。
2	さびが見られるが，錆汁は見られない。	はがれが見られるが，鋼面は見えない。	われが見られるが，開いていない。
1	さびが見られ，錆汁が見られる。	はがれが見られ，鋼面が見える。	われが見られ，開いている。
0	さびが見られ，腐食により減肉している。	はがれが多数あり，全体に広がっている。	われが見られ，発錆が確認される。

〔総合評価による管理区分の判定表〕

防食性 ＼ 景観性	劣化度指標 0～40 点	劣化度指標 40～100 点
劣化度指標 0～40 点	定期点検	重点管理
劣化度指標 40～100 点	重点管理	塗替え対象

良好 → 劣化進行

〔診断シート（サンプル）〕

図 1-18　「WSP 手引き」による点検結果の評価例

出典：「露出鋼管（水管橋等）～外面塗装劣化診断評価の手引き～、平成 25 年 3 月」（日本水道協会・WSP）

1.3.2 事業体の抱える課題

当プロジェクトを発足して間もなく、プロジェクトに参加した 9 事業体を対象にアンケートを行っており、この中で水道事業体の抱える課題等について回答をいただいているので紹介する。なお、これらは 2022 年（令和 4 年）12 月時点での内容である。

アンケートでは以下の 2 点について、どのような課題感を持っているかを質問した。

⑴ 現状で、水管橋点検をする上での課題

⑵ 現状で、水管橋点検にドローンを導入する（活用を続けていく）上での課題

(1) 水管橋点検をする上での課題

アンケートをとった 9 事業体のうちすべての事業体で、目視困難な箇所があることに課題を抱えているという結果となった。前述のとおり、従来の点検手法としては点検歩廊や近傍からの目視が中心であり、必要に応じて双眼鏡等を使用した遠望目視や船舶等を使用するものであると思われる。しかし、例えば六十谷水管橋崩落の要因となった吊材の局所的な腐食・破断は、その箇所が高所であるほど点検歩廊からの目視や双眼鏡等での確認が難しい。ほかにも、周辺環境により水管橋に接近できない場合や、被覆防食や保護・防凍カバーにより管体が露出していない箇所も目視困難である。水管橋の塗替え塗装工事を実施する際などは水管橋全体に足場を設置するため、塗装を行う部材については基本的に近距離から詳細な点検をすることができる。しかし、塗替え間隔によっては長期間点検できないという状況になり、塗替えの際に損傷が見つかるケースも多いと思われるため、これらの箇所について今後どのように点検を実施していくかが課題であることが分かった。

そのほか、水管橋点検において、損傷状況等の明確な判定基準が定められていないこと等も課題として挙げられた。

なお、参加した 9 事業体のうち、試行も含めると 7 事業体が水管橋点検にドローンを導入したことがあるということも分かった。以下のグラフはそれらの事業体に対し、導入した理由（導入にあたり期待した成果）を聞いたものであるが、7 事業体のうち 6 事業体が従来の方法では点検できない、または危険な箇所があったためと回答している。一方で、作業の効率化・省力化を期待して導入した事業体は 2 事業体と少なく、この結果からも、現状で点検ができていない箇所があることについて多くの事業体が危機感を抱いており、まずはその解決策としてドローンの導入を検討していたことが明らかになるものであった。

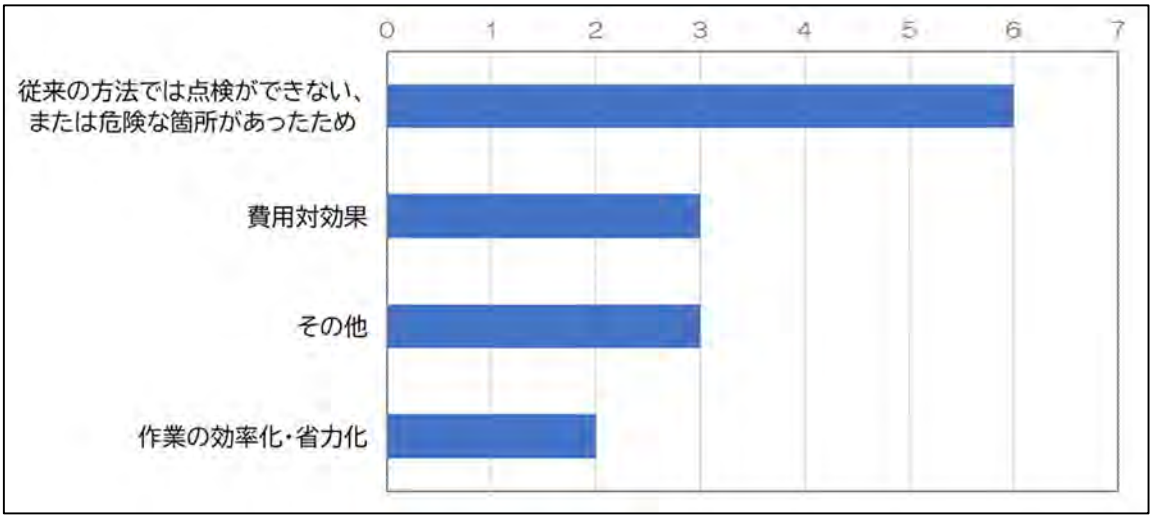


図 1-19　水管橋点検にドローンを導入した理由（導入にあたり期待した成果）

(2) 水管橋点検にドローンを導入する（活用を続けていく）上での課題

ドローンの活用経験がない事業体を含め、ドローンを導入する（活用を続けていく）上での課題について質問をしたところ、以下のグラフのとおりであった。

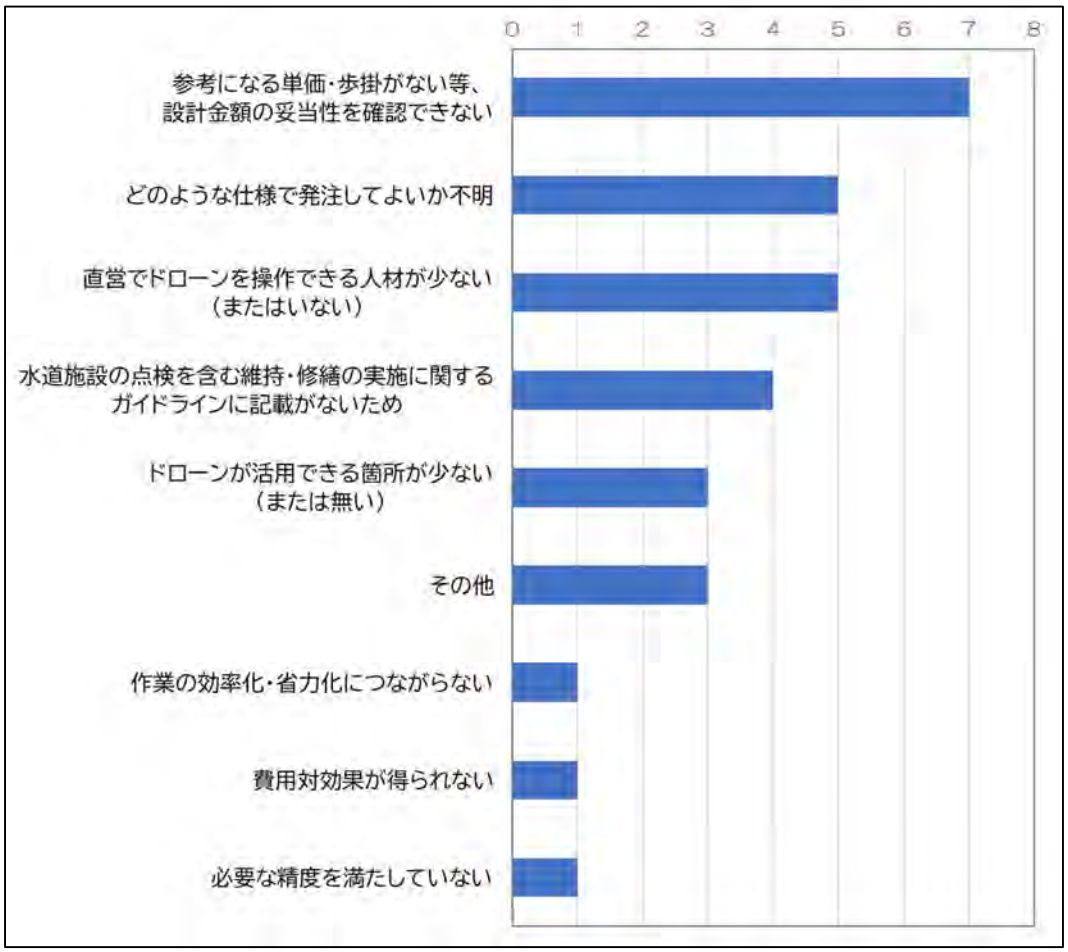


図 1-20　水管橋点検にドローンを導入する（活用を続けていく）上での課題

この結果から、課題感として大きい部分を占めるのは、単価や歩掛、仕様といった委託発注時のものであり、効率性の向上や費用対効果、精度に関する課題感は小さいことが分かる。ただし、その他と回答したものの中には、精度等が分からないため活用に至っていないという回答もあり、現状では効率性や費用対効果、精度についてはよく分からないが期待しているという段階であると思われる。

また、直営に関する回答も半数以上あり、多くの事業体が直営でのドローン点検に興味を抱いているものの、人材面で課題に感じていることも分かった。

2. ドローンについて

2.1 ドローンの概要

2.1.1 ドローンとは

ドローン（Drone）という言葉は、わが国では一般的に無人航空機を指す呼び名として使用されており、海外では「UAV（Unmanned Aerial Vehicle）」や「UAS（Unmanned Aerial System）」と呼ばれることが多い。ドローンという言葉の由来は、かつて英国軍が使用していた射撃訓練用の無人標的機、通称「Queen Bee（女王蜂）」を真似た、米国軍の無人標的機「Drone（雄蜂）」から転じたとする説や、ドローンの飛行音が雄蜂の羽音と似ていたからとする説がある。

無人航空機は、航空法第 2 条第 22 項で

① 航空の用に供することができる飛行機、回転翼航空機、滑空機、飛行船その他政令で定める機器であって

② 構造上人が乗ることができないもののうち、

③ 遠隔操作又は自動操縦（プログラムにより自動的に操縦を行うことをいう。）により飛行させることができるもの

④ その重量その他の事由を勘案してその飛行により航空機の航行の安全並びに地上及び水上の人及び物件の安全が損なわれるおそれがないものとして国土交通省令で定めるものを除く

と定義されている。

ただし、航空法施行規則第 5 条の 2 にあるとおり、100g 以上の機体を規制対象として扱っているため、100g 未満の機体は無人航空機には該当しない。

また、近年では、図 2-1 にあるとおり、水中を航行する「水中ドローン」や水上を走行する「水上ドローン」など、航空機以外においてもドローンという言葉が使用されることがあり、遠隔操作又は自動操縦が可能な無人機という場合に使用される傾向にある。

本書における「ドローン」とは、航空法で定める無人航空機を指すものとし、100g 未満の機体は「小型無人機」とする。これ以外の無人機においては「○○ドローン」といった一般的な呼称を使用するが、単体でドローンという場合とは区別するものとする。

図 2-1　ドローンという名称を使用している無人機

提供:Aqua-Bridge プロジェクト参加企業

2.1.2 ドローンの特徴・活用分野

ドローンは用途別に分けられ、各々、目的とした用途に特化した性能を持っている。例えば、空撮用ドローンは、目的に応じた撮影を行うために高性能のカメラなど、写真・動画撮影用のカメラを搭載することが可能である。

図 2-2　ドローンの種類

提供:Aqua-Bridge プロジェクト参加企業

歴史的にドローンは軍用機として発展してきた側面があるが、表-2.1 のとおり、現在では産業用として様々な業種で使用されており、点検分野においても活用が始まっている。

ドローンによる点検の特徴として、人力による高所作業が不要となり（作業者の安全確保）、人手ではアクセスしにくい場所でも目視と同等以上の精度での点検可能性などが挙げられる。

表 2-1　各業種によるドローン活用

物　　流	過疎地や被災地への物資運搬で実証が始まっている 将来的には一般の宅配便としての活用が期待される
防　　犯	施設の定期巡回などを自動で行う
農　　業	農薬散布ではラジコンヘリからドローンへの移行が進んでいる リモートセンシングによる植物の生育状況の把握にも使用される
点　　検	水管橋を含む橋梁などの地上構造物や水中構造物の点検に使用される 近年最も活用が見込まれている分野
土木建築	上空からの撮影やレーザーを用いた測量に使用される
空　　撮	テレビ・PR から災害時の被害状況調査まで幅広く活用される
そ の 他	複数のドローンでイラストを作り出す演出や競技・ホビー用として 将来的には旅客用としての活用も期待される

2.2 ドローンの飛行について

2.2.1 ドローンの飛行に関する規制

ドローンを飛行させる場合、主に「航空法」と「小型無人機等飛行禁止法」の 2 つの法律で規制されており、その他にも法律や各地方自治体の定める条例等により規制されている。

なお、ドローンの規制に関する法令等は現在も改正・改訂の過渡期にあり、本書の記載内容は 2024 年 3 月現在の情報で、今後変更となる可能性があるため、飛行の際には都度、確認が必要である。

図 2-3　ドローン飛行時に考慮すべき法令等の概要図

2.2.2 航空法による規制

航空法は、飛行機やヘリコプターに代表される航空機の航行にあたり、国際民間航空条約等に準拠して安全及び障害の防止を図るための方法について定められた法律である。

航空法上におけるドローンの飛行に関する主な規制等は以下のとおりである。

(1) 規制の対象となる機体

航空法では、飛行させるドローンが航空法上の「無人航空機」（法２条２２項）に該当する場合、規制の対象となっており、2024 年（令和 6 年）3 月現在、重量が 100g 以上のドローンは、「無人航空機」と定義されている。

(2) 無人航空機の登録義務

2022 年 6 月 20 日より、ドローンの機体の重さ 100 g を超える場合、機体登録が義務化（法

132 条～132 条の 12）された。なお、ここで定められる「重量」とは、無人航空機本体の重量及びバッテリーの重量の合計を指しており、バッテリー以外の取り外し可能な付属品の重量は含まないものとされている。

登録していない無人航空機の飛行は禁止され、機体には無人航空機を識別するための登録記号を表示し、リモート ID 機能を備える必要がある。

(a) 登録方法

登録申請はオンラインまたは書類提出にて行うことができる。登録方法の詳細については、「無人航空機登録ポータルサイト」（https://www.mlit.go.jp/koku/drone/）を参照のこと。

(b) 登録記号の表示方法

登録記号は登録無人航空機に鮮明に表示しなければならず、「25kg 以上の機体は 25mm 以上」、「25kg 未満の期待は 3mm 以上」の文字の高さでマジックやシールなどで表示する。

出典：無人航空機登録ハンドブック（国土交通省）

(c) リモート ID について

ドローンの機体登録の義務化に伴い、機体への物理的な登録記号の表示に加え、識別情報を電波で遠隔発信するリモート ID 機能を機体に備えなければならないこととなっている。

リモート ID は静的情報としてドローンの製造番号及び登録記号、動的情報として位置、速度、高度、時刻などの情報が含まれていて、1 秒に 1 回以上発信する。

ただし、以下の飛行を行う場合は、リモート ID 機器などの搭載が免除される。

- ドローンの事前登録受付が開始する 2021 年 12 月 20 日から登録制度が施工される 2022 年 6 月 20 日までの事前登録期間中に登録手続きを行ったドローン
- あらかじめ国に届け出た特定区域の上空で行う飛行であって、ドローンの飛行を監視するための補助者の配置、区域の範囲の明示などの必要な措置を講じた上で行う飛行
- 十分な強度を有する紐など（長さ 30m以内のもの）により係留して行う飛行
- 警視庁、都道府県警察又は、海上保安庁が警備その他の特に秘匿を必要する業務のために行う飛行

図 2-5　リモート ID 機器の分類

出典:無人航空機登録ハンドブック(国土交通省)

(3) 無人航空機の飛行に関する規制

航空法では、特定の「飛行禁止空域」及び特定の「飛行の方法」での飛行を原則禁止しており、これらを「特定飛行」という。

特定飛行に該当する「飛行禁止空域」は、有人の航空機に衝突するおそれや、落下した場合に地上の人などに危害を及ぼすおそれが高い空域を指す。この空域で無人航空機を飛行させようとする場合には、安全面の措置をした上で、国土交通大臣（申請先は飛行エリアを管轄する地方航空局・空港事務所）の許可を受ける必要がある。

特定飛行に該当する「飛行の方法」は、飛行させる場所に関わらず禁止される飛行方法を指す。このうち一部の飛行方法については、国土交通大臣（申請先は飛行エリアを管轄する地方航空局・空港事務所）の承認を受けることができれば、例外的に許容される。

(a) 特定飛行に該当する「飛行禁止空域」

以下の図は、特定飛行に該当する 4 つの飛行禁止空域を示した概要図である。

注意点として、これらの飛行禁止空域以外でドローンを飛行させる場合は、飛行禁止空域に関する許可申請は不要だが、後述の「飛行方法」や「その他の関係法令等」に該当する場合はそれぞれ許可・承認を受ける必要があるため、申請要件の見落としが無いように確認すること。

また、仮に自身の私有地であっても、飛行禁止空域に該当する場合には国土交通大臣の許可を受ける必要があることにも注意が必要である。

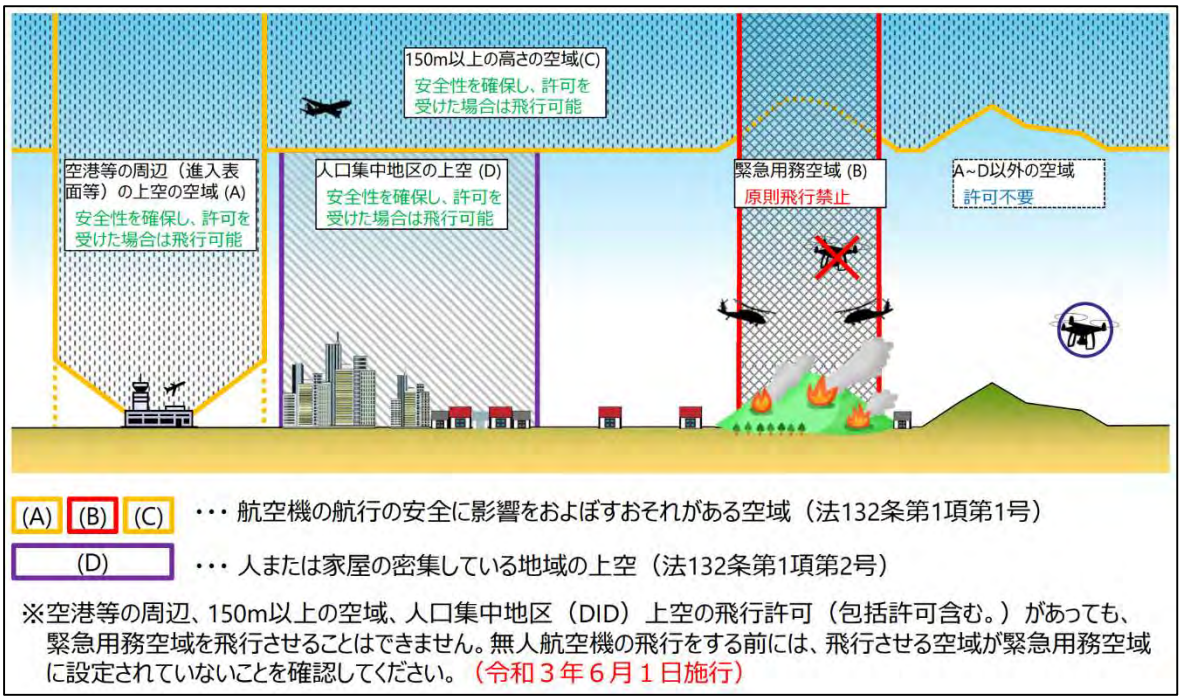


図 2-6　特定飛行に該当する飛行禁止空域の概略図

出典:国土交通省 HP

(A)空港等の周辺の空域

空港やヘリポート等の周辺に設定されている進入表面、転移表面若しくは水平表面又は延長進入表面、円錐表面若しくは外側水平表面の上空の空域

(B)緊急用務空域

警察、消防活動等緊急用務を行うための航空機の飛行が想定される場合に、無人航空機の飛行を原則禁止する空域

※規制対象は 100g 以上の無人航空機に限らず、すべての機体が対象。

(C) 地表又は水面から 150m以上の高さの空域

※(A)及び(C)の空域ならびに地上又は水上の物件から 30m 以内の空域を除く。

(D) 人口集中地区（DID 地区）の上空

国勢調査の結果により設定されている人口集中地区（地上及び水上の人及び物件の安全が損なわれるおそれがないものとして国土交通大臣が告示で定める区域を除く。）の上空

※DID 地区は国土地理院の HP を通じて確認できる。

※現在の緊急用務空域の指定状況や、飛行させたい場所が人口集中地区に該当するか否かは、国土交通省の HP を通じて確認できる。

（http://www.mlit.go.jp/koku/koku_tk10_000003.html）

(b) 特定飛行に該当する「飛行の方法」

無人航空機を飛行させる場合には、飛行させる場所に関わらず以下の方法に従って飛行する必要がある。（航空法第 132 条の 86、航空法施行規則第 236 条の 77～80）

1) 無人航空機のすべての飛行に関して必要となる飛行方法

以下の飛行方法については、国土交通大臣の承認の対象ではなく、無人航空機の全ての飛行に関して禁止・遵守が求められる。

出典:国土交通省

① 飲酒時の飛行禁止（航空法第 132 条の 86 第 1 項第 1 号）

アルコール又は薬物の影響により当該無人航空機の正常な飛行ができないおそれがある間において飛行させないこと。

② 飛行前確認（航空法第 132 条の 86 第 1 項第 2 号）

当該無人航空機が飛行に支障がないこと、その他飛行に必要な準備が整っていることを確認した後において飛行させること。

【確認事項（航空法施行規則第 236 条の 77）】

・当該無人航空機の状況（リモート ID 機能を有する機器を外部点検及び作動点検）
・当該無人航空機を飛行させる空域及びその周囲の状況
・当該飛行に必要な気象情報
・燃料の搭載量又はバッテリーの残量
・リモート ID 機能の作動状況（リモート ID 機能搭載の例外の飛行を行う場合を除く。）

③ 衝突予防（航空法第 132 条の 86 第 1 項第 3 号）

航空機又は他の無人航空機との衝突を予防するため、無人航空機をその周囲の状況に応じて地上に降下させること。

【衝突を予防する方法（航空法施行規則第 236 条の 78）】

＜飛行中の航空機を確認した場合＞

・衝突のおそれがあると認められるときは、無人航空機を地上に降下させること、その他適切な方法を講じること。

＜飛行中の他の無人航空機を確認した場合＞

・他の無人航空機との間に安全な間隔を確保して飛行させること。
・衝突のおそれがあると認められるときは、無人航空機を地上に降下させること、その他適切な方法を講じること。

④ 危険な飛行禁止（航空法第 132 条の 86 第 1 項第 4 号）

飛行上の必要がないのに高調音を発し、又は急降下し、その他他人に迷惑を及ぼすような方法で飛行させないこと。

2) 国土交通大臣の承認が必要となる無人航空機の飛行方法

以下の飛行方法によらず飛行させたい場合は、国土交通大臣の承認を受けることができれば、例外的に許容される。

出典:国土交通省

⑤ 日中での飛行（夜間での飛行禁止）（航空法第 132 条の 86 第 2 項第 1 号）

日の出から日没までの間において飛行させること。（日の出前または日没後に飛行させてはならない。）

⑥ 目視の範囲内（目視外の飛行禁止）（航空法第 132 条の 86 第 2 項第 2 号）

当該無人航空機及びその周囲の状況を目視により常時監視して飛行させること。（目視外で飛行させてはならない。）

⑦ 距離の確保（離隔 30m 未満の飛行禁止）（航空法第 132 条の 86 第 2 項第 3 号、航空法施行規則第 236 条の 79）

当該無人航空機と地上又は水上の人又は物件との間に 30m を保って飛行させること。

⑧ 催し場所での飛行禁止（航空法第 132 条の 86 第 2 項第 4 号）

祭礼、縁日、展示会その他の多数の者の集合する催しが行われている場所の上空以外の空域において飛行させること。

⑨ 危険物輸送の禁止（航空法第 132 条の 86 第 2 項第 5 号）

当該無人航空機により爆発性又は易燃性を有する物件その他人に危害を与え、又は他の物件を損傷するおそれがある物件を輸送しないこと。

【輸送禁止物（航空法施行規則第 194 条）】

火薬類、高圧ガス、引火性液体、可燃性物質類、酸化性物質類、毒物類、放射性物質等、腐食性物質、その他の有害物件、凶器（銃砲・刀剣等）

【輸送禁止物に含まれないもの】

無人航空機の飛行に必要な燃料や電池、業務用機器（カメラ等）に用いられる電池　等

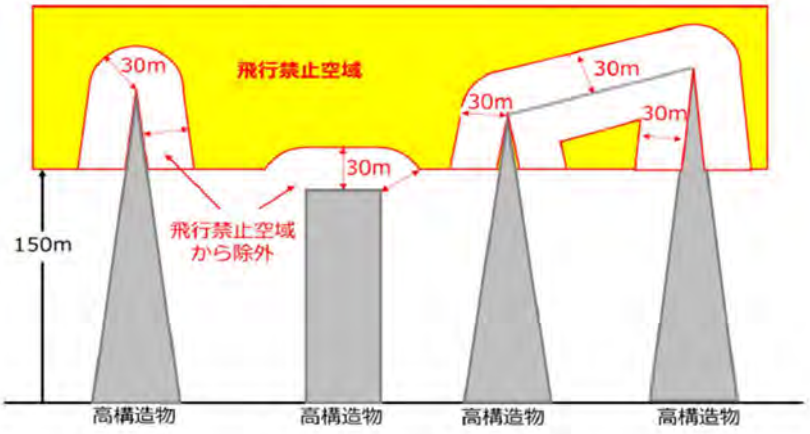
⑩ 物件投下の禁止（航空法第 132 条の 86 第 2 項第 6 号）

地上又は水上の人又は物件に危害を与え、又は損傷を及ぼすおそれがないものとして、当該無人航空機から物件を投下しないこと。ここで、水や農薬等の液体を散布する行為は物件投下に該当し、輸送した物件を地表に置く行為は物件投下には該当しない。

(c) 飛行禁止空域の除外並びに不要になる許可・承認

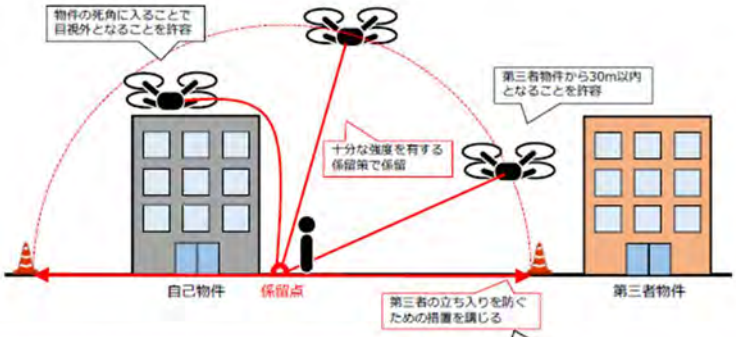
以下は、無人航空機の「飛行禁止空域」、「飛行方法」について適用されない。

・ 地表又は水面から 150m以上の空域であっても、物件から 30m以内の空域については、飛行禁止空域から除外されます。



※空港等の周辺の空域及び緊急用務空域については、物件から 30m 以内であっても引き続き許可が必要です。また、人口集中地区にかかるようであれば、当該手続きも必要です。

・ 十分な強度を有する紐等（30m以内）で係留した飛行で、飛行可能な範囲内への第三者の立入管理等の措置を行えば一部の許可・承認が不要になります。



許可承認不要：DID における飛行、夜間飛行、目視外飛行、第三者から 30m 以内の飛行及び物件投下

許可承認必要：空港等周辺、緊急用務空域、150m 以上上空の飛行、イベント上空での飛行及び危険物輸送

・関係者以外の立入りを制限する旨の看板、コーン等による表示
・補助者による監視及び口頭警告等

・ 右図のような、物件等に沿って配置する主索と、無人航空機を繋ぐ連結策により係留される場合（主索と連結索とはスライド環などを用いる）については、30 mの上限規定は 無人航空機を繋ぐ連結索が該当します。

・ 自動車 、航空機等の移動する物件に紐等を固定して又は人が紐等を持って移動しながら無人航空機を飛行させる行為（えい航）は、係留には該当しません。
・ 係留した飛行の自動操縦では、飛行可能な範囲内への第三者の立入管理の措置を行った後、近傍を離れる際には、不測の事態に備え、責任者の連絡先等について付近に必ず明示をお願いします。
・ 係留に使用する紐については、 使用中に断線しないよう、使用前に点検等を行ってください。

出典：無人航空機（ドローン、ラジコン機等）の安全な飛行のためのガイドライン（国土交通省）

(4) 飛行許可・承認申請について

(a) 申請手続きの分類

ドローンの飛行形態は、リスクに応じた以下の 3 つのカテゴリー（リスクの高いものからカテゴリーⅢ、Ⅱ、Ⅰ）に分類され、該当するカテゴリーに応じて手続きの要否が異なる。

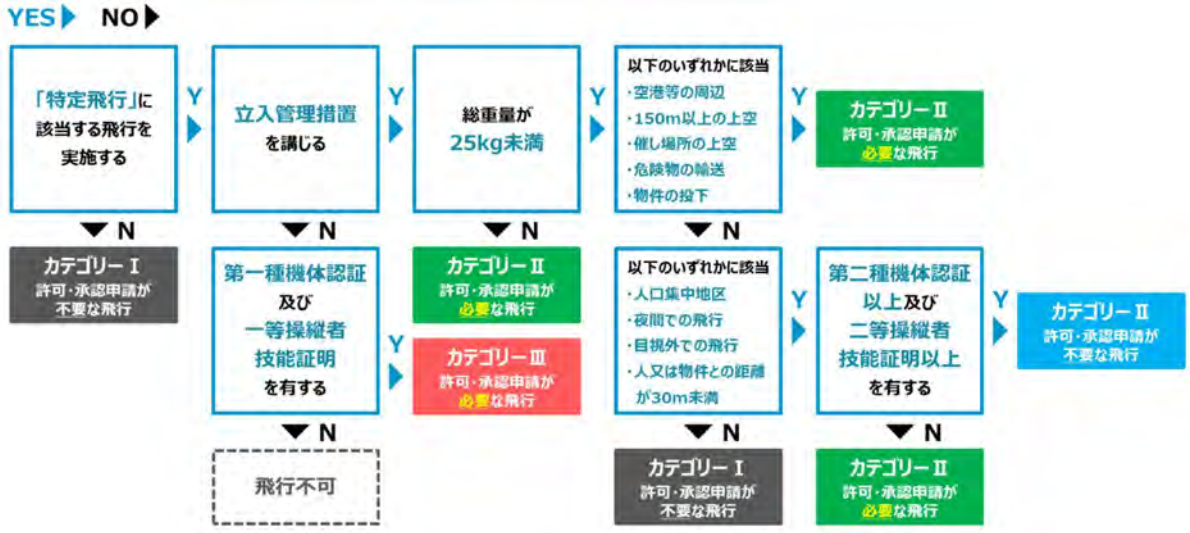
【カテゴリー概要】

カテゴリーⅢ	特定飛行のうち、無人航空機の飛行経路下において立入管理措置を講じないで行う飛行。（＝第三者の上空で特定飛行を行う）
カテゴリーⅡ	特定飛行のうち、無人航空機の飛行経路下において立入管理措置を講じたうえで行う飛行。（＝第三者の上空を飛行しない）
カテゴリーⅠ	特定飛行に該当しない飛行。 航空法上の飛行許可・承認手続きは不要。

※立入管理措置とは、無人航空機の飛行経路下において、第三者（無人航空機を飛行させる者及びこれを補助する者以外の者）の立入りを制限することを指します。
※機体認証及び操縦者技能証明の取得により、カテゴリーⅡ飛行のうち一部の飛行許可・承認手続が不要になる場合があります。
詳細は以下「飛行カテゴリー決定のフロー図」を参照ください。

出典:国土交通省 HP

【飛行カテゴリー決定のフロー図】



・カテゴリーⅠ飛行

特定飛行に該当しないため、飛行許可・承認申請は不要です。

・カテゴリーⅡ飛行

特定飛行のうち空港等周辺、150m 以上の上空、催し場所上空、危険物輸送及び物件投下に係る飛行並びに最大離陸重量 25kg 以上の無人航空機の飛行（カテゴリーⅡ [飛行許可・承認申請が必要な飛行]）については、立入管理措置を講じた上で、無人航空機操縦士の技能証明や機体認証の有無を問わず、個別に許可・承認を受ける必要があります。

また、特定飛行のうち上記の場合以外（DID 上空、夜間、目視外、人又は物件から 30m の距離を取らない飛行であって、飛行させる無人航空機の最大離陸重量が 25kg 未満の場合）については、立入管理措置を講じた上で、無人航空機操縦士の技能証明を受けた者が機体認証を受けた無人航空機を飛行させる場合、飛行マニュアルの作成等無人航空機の飛行の安全を確保するために必要な措置を講じることにより、許可・承認を不要とすることができます（カテゴリーⅡ [飛行許可・承認申請が不要な飛行]）。

※夜間での飛行及び目視外での飛行をカテゴリーⅡ（飛行許可・承認申請が不要な飛行）として実施する場合は、技能証明の限定変更が必要となります。
詳細は「無人航空機操縦者技能証明制度等」、「無人航空機レベル４飛行ポータルサイト」をご確認ください。

この飛行マニュアルは、無人航空機を飛行させる者が安全の確保に必要な事項を盛り込み、その内容や形式は、飛行の実態に即して作成し、これを遵守する必要があります。

これら以外の場合の飛行は、個別に許可・承認を受ける必要があります（カテゴリーⅡ [飛行許可・承認申請が必要な飛行]）。

・カテゴリーⅢ飛行

レベル４飛行（有人地帯における補助者なし目視外飛行）を含むカテゴリーⅢ飛行は、一等無人航空機操縦士の技能証明を受けた者が第一種機体認証を受けた無人航空機を飛行させる場合であって、飛行の形態に応じたリスク評価結果に基づく飛行マニュアルの作成を含め、運航の管理が適切に行われていることを確認して許可・承認を受けた場合に限ります。

出典：国土交通省 HP

(b) 飛行申請について

申請の種類として、特定の場所に対して飛行日時を指定した「個別申請」と、同一の申請者が一定期間内に反復して飛行を行う場合又は異なる複数の場所で飛行を行う場合の「包括申請」があるが、包括申請をしておくと、特定飛行に該当しない飛行であれば、期間内（最大１年間）は、飛行許可申請なしで、ドローンを飛行させることが可能である。ただし、「飛行以外に関する申請」は、別途必要である。

また、申請は原則として、ドローン情報基盤システム（DIPS2.0）により申請する。入力項目に従い、飛行概要、飛行詳細、機体操縦者選択、その他の情報を入力する。

書類により申請する場合は、国土交通省の要領に従い書類を用意する。

なお、カテゴリーⅢの飛行の申請は、国土交通大臣宛となり、カテゴリーⅡの飛行を行う場合の申請先は以下を参照。

無人航空機の飛行許可・承認手続の詳細については、国土交通省のサイトを確認のこと。
（https://www.mlit.go.jp/koku/koku_fr10_000042.html#gsimaps）

表 2-2　カテゴリーⅡ飛行の申請先

飛行させる空域や地域	申請の宛先
空港等周辺、緊急用務空域及び地上 又は水上から 150 m 以上の高さの空域	東京空港事務所長又は関西空港事務所長
上記以外(※1)	東京航空局長又は大阪航空局長（※2）

※1）人口集中地区の上空で飛行させる場合、夜間飛行、目視外飛行、人又は物件から 30 m以上の距離が確保できない飛行、催し場所上空の飛行、危険物の輸送、物件投下を行う場合。

※2）申請者の住所により東京航空局又は大阪航空局となり、区分は以下のとおり。

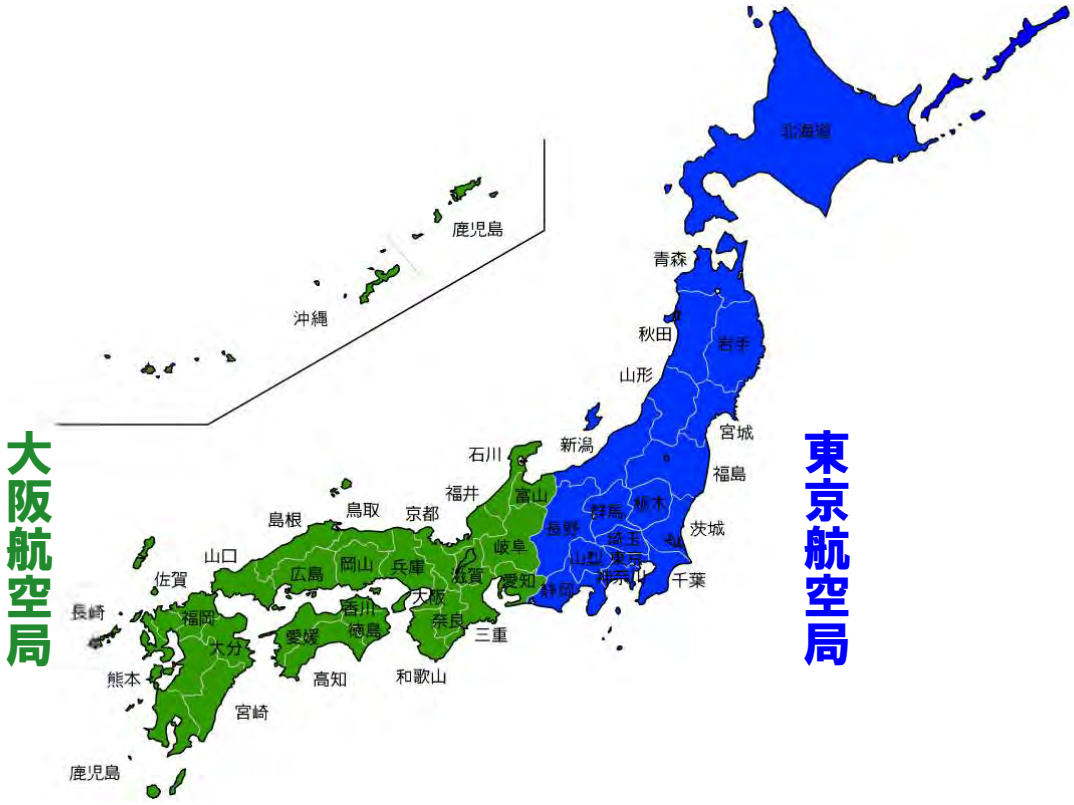


図 2-7　飛行許可・承認申請の申請先

提供:Aqua-Bridge プロジェクト参加企業

(5) 飛行の実施について

(a) 飛行計画の通報

飛行許可・承認を受けた飛行（特定飛行）を実施するにあたっては、飛行計画の通報が必要である。なお、特定飛行以外の飛行を行う場合においても、飛行計画の通報を行うことが推奨されている。

ドローン同士の衝突や、有人ヘリコプター、航空機との事故などを防止する目的で申請が必要で、ドローンを飛行させる日時や場所、飛行高度などの情報を利用者で共有することができる。

申請は、ドローン情報基盤システム（DIPS2.0）にて申請を行う。

(b) 飛行日誌の作成

飛行許可・承認を受けた飛行（特定飛行）を実施するにあたっては、飛行日誌の作成が必要である。なお、特定飛行以外の飛行を行う場合においても、飛行日誌の作成を行うことが推奨されている。

ドローンの飛行に係る不安全事象が発生した場合の原因特定、要因分析等に活用することができるなど、飛行の安全を目的として作成が必要である。

飛行日誌は、①飛行記録、②日常点検記録、③点検整備記録が記載されているものとし、ドローン操縦者は、これを紙媒体又は電子媒体により常時携行し、適切に管理・保管を行う。

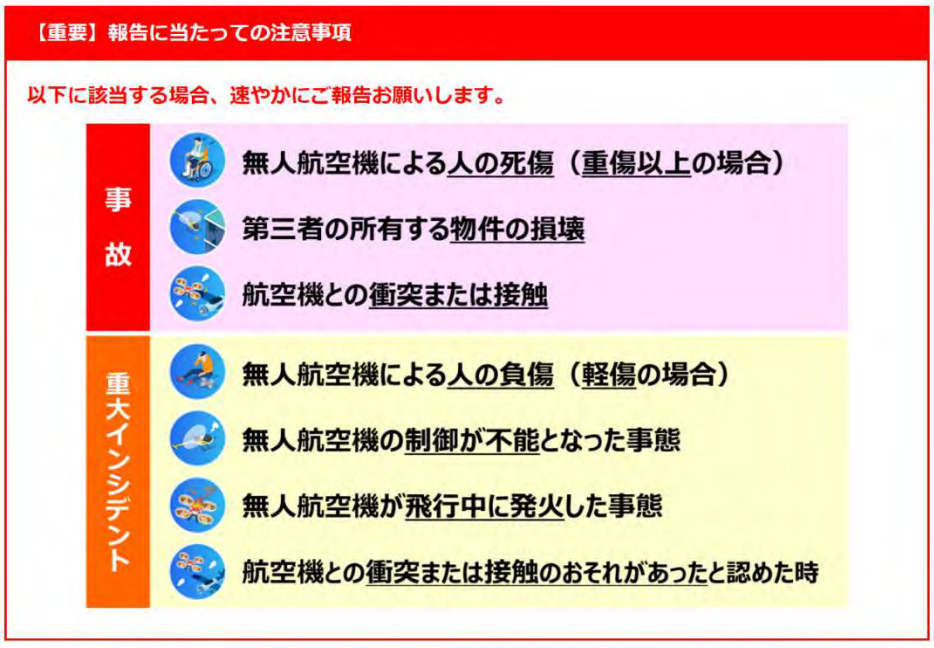
(c) 事故等の報告

ドローンに関する事故等が発生した場合、ただちに飛行を中止させ、救護義務及び当該事故の詳細を航空局へ報告する必要があります。

航空局への報告は、以下に該当する事態が発生した場合に行う。報告は、ドローン情報基盤システム（DIPS2.0）より行う。

なお、無人航空機の事故等の報告については、国土交通省のサイトを参照のこと。また、本サイトには、無人航空機に係る事故等報告一覧も掲載されているので、そちらも参照のこと。

（https://www.mlit.go.jp/koku/accident_report.html）



出典：国土交通省 HP

2.2.3 重要施設の周辺地域の上空における小型無人機等の飛行の禁止に関する法律（小型無人航空機等飛行禁止法）による規制

小型無人航空機等飛行禁止法とは、重要施設の周辺地域の上空における小型無人機等の飛行の禁止に関する法律である。

2015 年（平成 27 年）12 月 10 日の航空法改正により、ドローン等の飛行ルールを定めるとともに、重要施設などの上空におけるドローン等の飛行禁止ルールを定めたため、2016 年（平成 28 年）4 月 7 日より小型無人機等飛行禁止法が制定されることとなった。

なお、小型無人機等飛行禁止法に関する最新情報については、警察庁の HP を参照のこと。

図 2-8 小型無人機等飛行禁止法の概要

出典:警察庁 HP

(a) 規制の対象となる小型無人機等

小型無人機等飛行禁止法では、小型無人機とは、「飛行機、回転翼航空機、滑空機、飛行船その他の航空の用に供することができる機器であって構造上人が乗ることができないもののうち、遠隔操作又は自動操縦（プログラムにより自動的に操縦を行うことをいう。）により飛行させることができるものをいう」（法第２条３項）とされ、いわゆる「ドローン」は規制の対象となっている。

この法律で規制される「小型無人機」については、航空法で規制される「無人航空機（重量 100g 以上のもの）」とは異なり、重さや大きさなどによらず、基本的には全てのドローンにおいて適用されるので注意が必要である。

(b) 飛行禁止場所

小型無人機等飛行禁止法において、対象施設周辺地域（対象施設の敷地又は区域及びその周囲おおむね 300m の地域）の上空において、小型無人機等の飛行が禁止されている。

- 対象施設の敷地・区域の上空（レッド・ゾーン）
- 対象施設の周囲おおむね 300m の上空　（イエロー・ゾーン）

※対象施設周辺地域の指定は、番地単位で行われるため、告示で指定された区域（下図の青色区域）と 300m の範囲（点線の区域）とは必ずしも一致しない。

出典:警察庁資料

1) 飛行禁止の対象施設

小型無人機等の飛行が恒常的に禁止されている対象施設は以下のとおりだが、外国要人の来日等に伴い、一時的に対象施設が追加されることがある。

なお、対象施設の指定関係の詳細については、警察庁の HP を参照のこと。

（https://www.npa.go.jp/bureau/security/kogatamujinki/shitei.html）

【飛行禁止の対象施設】

- 国の重要な施設等

  国会議事堂、内閣総理大臣官邸、最高裁判所、皇居等

  危機管理行政機関の庁舎

  対象政党事務所
- 対象外国公館等
- 対象防衛関係施設
- 対象空港
- 対象原子力事業所

2) 飛行禁止の例外

以下の場合に限り、小型無人機等の飛行禁止に関する規定は適用されない。

・対象施設の管理者又はその同意を得た者による飛行
・土地の所有者等が当該土地の上空において行う飛行
・土地の所有者の同意を得た者が、同意を得た土地の上空において行う飛行
・国又は地方公共団体の業務を実施するために行う飛行

ただし、対象防衛関係施設及び対象空港の敷地又は区域の上空（レッドゾーン）においては、

・土地の所有者若しくは占有者が当該土地の上空において行う飛行
・国又は地方公共団体の業務を実施するために行う飛行

であっても、対象施設の管理者の同意が必要である。

なお、飛行禁止の例外にあたる場合であっても、対象施設及びその周囲おおむね 300m の周辺地域の上空で小型無人機等を飛行させる場合、都道府県公安委員会等への通報が必要である。

また、小型無人機等飛行禁止法の規定に違反して

・対象施設の敷地・区域の上空（レッド・ゾーン）で小型無人機等の飛行を行った者
・小型無人機等飛行禁止法第 11 条第 1 項に基づく警察官の命令に違反した者

は、 1 年以下の懲役又は 50 万円以下の罰金 に処せられる。

2.2.4 その他の関連法令等による規制

〇電波法

ドローンには無線設備が搭載されているため、電波法を遵守する必要がある。そのため、国内の技術基準に適合した「技適マーク」が付いたドローンを使用しなければならず、技適マークが付いていないドローンを飛行させると電波法違反（※）になる。

なお、技適マークを受けた機器については、総務省のホームページから確認可能である。

（※）短期間の実験等のみを目的とする場合は、「技適未取得機器を用いた実験等の特例制度」の手続（届出）を行うことで使用できる。

総務省のホームページ（https://www.tele.soumu.go.jp/j/sys/others/exp-sp/）を参照。

【技適マーク】

〇道路交通法

道路交通法では、道路における危険を生じさせ、交通の円滑を阻害するおそれがある工事・作業をする場合などは、道路交通法の道路使用許可を要するため、ドローンの離発着やフライト作業を道路（公道）上で行う場合には、道路使用許可が必要となる。

なお、これらに当たらない形態で、道路の上空をドローンが飛行することについては、道路使用許可を要しない。

〇河川法

河川区域内の土地の上空においてドローンを飛行させる場合、河川法上の許可等の手続きは特段必要ない。ただし、河川によっては一時使用届が求められる場合があるので、飛行の際は河川管理者に確認が必要である。

また、ダム等の河川管理上重要な施設付近ではドローンの飛行を制限している場合があり、また地域協議会等でドローンの飛行ルールを定めている地域があるため、当該河川区域を管轄する河川事務所のホームページ等を確認しておく必要がある。

〇民法

民法では、土地の所有権はその土地の上空や地下にまで及ぶとされているため、私有地や線路の上の飛行は所有者の許可が必要な場合もある。

なお、内閣官房小型無人機等対策推進室から「無人航空機の飛行と土地所有権の関係について」の通知が出ているので参照のこと。

（https://www.kantei.go.jp/jp/singi/kogatamujinki/kanminkyougi_dai16/betten4.pdf）

〇地方公共団体が定める条例

都道府県や市町村が定める条例に基づき、都市公園や施設の上空など特定の場所において、

無人航空機の飛行が制限される場合がある。地域によってそれぞれ異なるルールが存在するため、個別の状況については地方自治体等の窓口に確認すること。

なお、無人航空機の飛行を制限する条例については、国土交通省航空局のウェブサイトに一覧が掲載されているが、変更となっている可能性があるため、飛行計画を立てる段階で随時確認すること。（https://www.mlit.go.jp/common/001370402.pdf）

〇その他

- **プライバシー権・肖像権・個人情報保護法**

  ドローンによる撮影及び撮影映像をインターネット上で公開することについての注意事項をまとめた『「ドローン」による撮影映像等のインターネット上での取扱いに係るガイドライン』が総務省から公表されている。

  （https://www.soumu.go.jp/main_content/000376723.pdf）

- **電線**

  ドローンを電線付近で飛行させる場合、電線を管理している電力会社の指示に従う。

- **警察署**

  基本的には、警察の許可は必要ないが、万が一に備え、警察署に情報を提供することを推奨する（道路管理者から警察署への申請を依頼された場合は必要）。

- **住民へのお知らせ**

  ドローン飛行は、機体にもよるが騒音が発生したり、付近で飛行していたら不信に思われたりすることがある。義務はないが、ドローン飛行範囲周辺に住んでいる住民へ、作業内容などをお知らせすることを推奨する。

いずれの場合も、法的には必要のない手続きであっても、管理者によっては手続きを要する可能性があるため、各管理者に問い合わせを行い、手続きの必要性を確認することが重要である。

【参考】

国土交通省では、2021 年度（令和３年度）から 2022 年度（令和４年度）に、国土交通省の現場を活用したドローンの実証実験を行っており、その際に必要となった手続き等を「ドローン飛行申請時の各種行政手続事例集」として紹介している。

なお、本事例集は、国土交通省の委託事業を実施する者を対象としているが、一般のパイロット等においても本事例集を参考とすることができるとされている。

（https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/gijyutu/content/001603642.pdf）

2. ドローンを活用する際に行う行政手続

2-1 ドローンを活用する際に行う行政手続に関する法令と関係者等

国土交通省

※今回の実証実験で行った手続に関する法令等を掲載している。

	法令	関係者等	備考
1	航空法	東京航空局・大阪航空局等	航空法第132条の85第1項各号に掲げる空域における飛行又は航空法第132条の86第2項各号に掲げる方法のいずれかによらない飛行（特定飛行）を行う場合は、飛行の許可・承認手続き[注1]が必要な場合がある他、飛行計画の通報、飛行日誌の備え及び記載が必要である。また、無人航空機の事故・重大インシデントが発生した際には国土交通大臣への報告が必要である。（事故の場合は負傷者の救護等の措置も含む。）
2	道路交通法 道路法	警察署 道路管理者	道路における危険を生じさせ、交通の円滑を阻害するおそれがある工事・作業をする場合や道路に人が集まり一般交通に著しい影響を及ぼすような撮影等を行おうとする場合には、ドローンを利用するか否かにかかわらず、道路交通法の道路使用許可を要するが、これらに当たらない形態で、単にドローンを利用しようとする場合、例えば、道路の上空をドローンが飛行するということのみをもっては、現行制度上、道路使用許可を要しない。なお、道路上に注意喚起看板等を設置する場合には、道路交通法に基づく道路使用許可及び道路法に基づく道路占用許可を要する場合がある。
3	河川法	河川管理者	ダム等の河川管理上重要な施設付近ではドローンの飛行を制限している場合があり、また地域協議会等でドローンの飛行ルールを定めている地域があるため、当該河川区域を管轄する河川事務所のホームページ等を確認しておく必要がある。また、他の河川利用を妨げるおそれがある場合には、トラブル防止の観点から、関係者と事前調整等しておくべきである。なお、河川区域内の土地に工作物を設置する等、当該土地を排他・独占的に使用する場合には、河川法に基づく手続きが必要となる。 ※令和5年度に策定予定の「河川上空を活用したドローン物流マニュアル（仮称）」において、必要な手続きについて詳述予定。
4	港則法 海上交通安全法	海上保安部・保安署	海上に作業船の配置や工作物を設置する等、船舶交通に影響を及ぼすおそれがある場合は、港則法又は海上交通安全法の許可又は届出を要することがある。
5	港湾法	港湾管理者	港湾管理者たる地方公共団体等が定める条例等において、無人航空機の飛行の許可を求めている場合があるほか、港湾施設等の占用又は使用に係る許可を求めていたり、安全上の観点から荷さばき地等への立ち入りを制限している場合がある。
6	漁港漁場整備法	漁港管理者	漁港管理者が定める漁港管理条例において、漁港施設の利用に係る届出や漁港施設の占用又は使用に係る許可を求めている場合があるほか、安全上の観点から、防波堤等への立ち入りを制限している場合がある。
7	民法	施設土地管理者	土地の所有権が及ぶ土地上の空間の範囲は、一般に、当該土地を所有する者の「利益の存する限度」とされている。このため、第三者の土地の上空において無人航空機を飛行させるにあたって、常に土地所有者の同意を得る必要がある訳ではない。
8	都市公園法	公園管理者	都市公園内におけるドローンの飛行については、各公園管理者により条例等に基づき、禁止行為や許可が必要な行為とされている場合があるため、公園管理者への確認が必要である。
9	海岸法	海岸管理者	海岸保全区域内において、海岸保全施設以外の施設又は工作物を設けて当該海岸保全区域を占用しようとするときは、海岸管理者の許可を受けなければならない。

注1：機体認証を受けた機体を、無人航空機操縦者技能証明を保有する操縦者が飛行させる場合には、立入管理措置や安全確保措置を講じる等の運航ルールの順守を前提に、特定飛行の一部について個別の許可等が不要となることに留意。

（参考）
・国土交通省航空局ホームページ（https://www.mlit.go.jp/koku/koku_tk10_000003.html）
・ドローンを活用した荷物等配送に関するガイドラインVer4.0（https://www.mlit.go.jp/seisakutokatsu/freight/content/001598150.pdf）
・無人航空機の飛行と土地所有権の関係について（https://www.kantei.go.jp/jp/singi/kogatamujinki/kanminkyougi_dai16/betten4.pdf）

2

出典：国土交通省

2.3 セキュリティに関する国の方針

(1) ドローンに関するセキュリティリスクへの対応について

様々な場面においてドローンの活用が広がる中、記録映像やフライトログなどの情報の外部への漏洩や、機体の乗っ取りといった、サイバーセキュリティ上に対するリスクも増大しているため、十分な対策を講じることが必要である。

この対応策として、国では小型無人機に関する関係府省庁連絡会議 において「政府機関等における無人航空機の調達等に関する方針について」(2020 年（令和２年）９月 14 日関係省庁申し合わせ）が決定されているとともに、経済産業省と NEDO（国立研究開発法人新エネルギー・産業総合開発機構）が「無人航空機分野 サイバーセキュリティガイドライン」(2022 年 3 月）を策定しているので参考とされたい。

〇政府機関等における無人航空機の調達等に関する方針について
https://www.kantei.go.jp/jp/singi/kogatamujinki/pdf/siryou15.pdf

〇IT 調達に係る国等の物品又は役所の調達方針及び調達手続きに関する申合せ
https://www.nisc.go.jp/pdf/policy/kihon-2/IT_moushiawase.pdf

〇無人航空機分野 サイバーセキュリティガイドライン
https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/mono/robot/pdf/drone_cybersecirity_guideline_Ver1.0.pdf

【政府機関等における無人航空機の調達等に関する方針について(一部抜粋)】

政府機関等における無人航空機の調達等に関する方針について

令和２年９月１４日

関係省庁申合せ

３．対象とする無人航空機の調達

「ＩＴ調達に係る国等の物品等又は役務の調達方針及び調達手続に関する申合せ（令和２年６月 30 日一部改正)」（以下「申合せ」という。）別紙１に掲げる政府機関等は、以下に掲げる重要業務に用いられる無人航空機の調達のうち、特にサイバーセキュリティ上のリスクを考慮すべきと判断されるものについて、内閣官房と協議の上、本申合せに基づき必要な措置を講じる対象とする。

（２）カメラやセンサーから収集される情報の窃取により、公共の安全と秩序維持等に支障が生じるおそれがある業務

例)・国民保護法の「生活関連等施設」(※)の脆弱性に関する情報を収集する業務（点検等）

（※）その安全を確保しなければ、国民生活に著しい支障を及ぼす、もしくは周辺の地域に著しい被害を生じさせるおそれがある施設

・その他機密性の高い情報を取り扱う業務（詳細な３Ｄ地図の作成のための測量業務等）

５．経過措置

（２）政府機関等は、その保有する無人航空機（第３項に該当しないものを含む。）及び業務委託した民間企業等が使用する無人航空機についても、取り扱う情報の機微性や業務の性質に応じて、以下に掲げるような情報流出防止策を講じる。

ア インターネットへの接続については、ソフトウェアアップデート等に必要な最小限度とし、飛行中は接続しない。

イ インターネットに接続する場合も、データが流出しないよう、撮影動画等のクラウドへの保存機能を停止する、機体内部や外部電磁的記録媒体に保存されている飛行記録データや撮影動画等を飛行終了後確実に消去するなどの措置を講じる。

出典:「政府機関等における無人航空機の調達等に関する方針について」より一部抜粋【無人航空機分野 サイバーセキュリティガイドラインの概要】

【1】　対象範囲

本ガイドラインでは無人航空機システムの利用目的に応じて、一般利用をセキュリティクラス1、測量や物流、設備点検など通常の産業利用が想定される分野をセキュリティクラス2、警備や災害対応など人命や安全に影響する分野をセキュリティクラス3、軍事・国防領域をセキュリティクラス4と4段階に分類しました。このうち、今後の活用・利用拡大が期待されるセキュリティクラス2と3を本ガイドラインの対象としました。

【2】　リスク分析プロセス

サイバーセキュリティのリスク分析に用いるため、無人航空機システムの汎用的なシステムモデルを図1のように定義し、構成する要素（ドローン本体、地上制御局、ドローン運用クラウド、サービス運用クラウド）におけるデータ通信のフローを明確化しました。ユースケースから守るべき情報を抽出し、想定される脅威やリスクの分析、重要度評価など必要な一連のプロセスを提示しました。

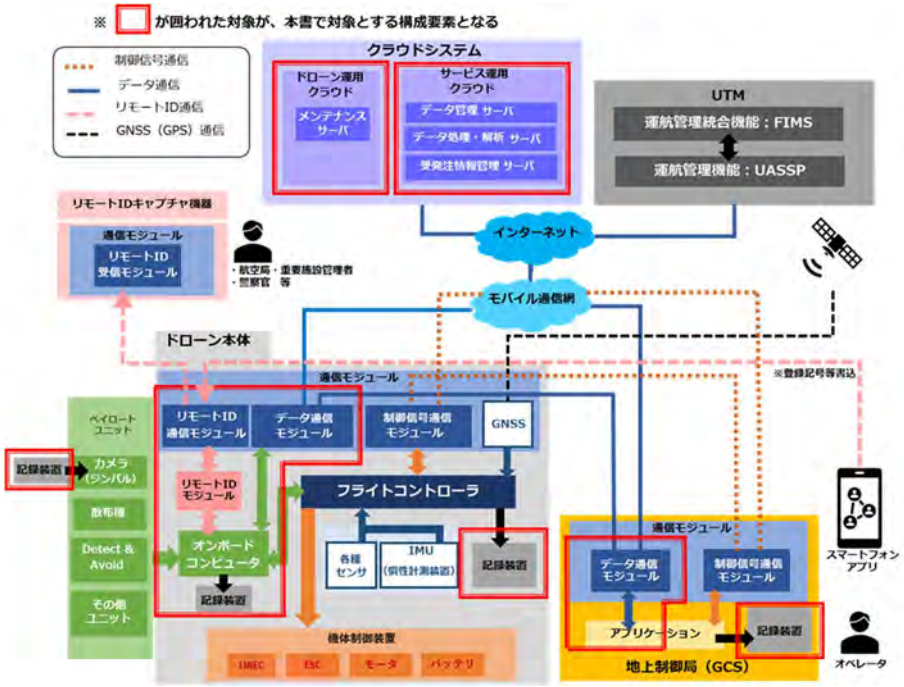


図1　無人航空機の汎用的なシステムモデル

【3】　セキュリティ要件

リスク分析結果をもとに国内外のIoT製品に関する基準やガイドラインを参照し、無人航空機システムで必要とされるセキュリティ要件を検討しました。

セキュリティ要件については有識者委員会や関連業界などとの意見交換を踏まえ、対応すべき最低限の要件を「Mandatory」として分類しました。また海外のガイドラインを参考に補助要件を「Optional」と分類し、海外との連続性に配慮しています（図2）。

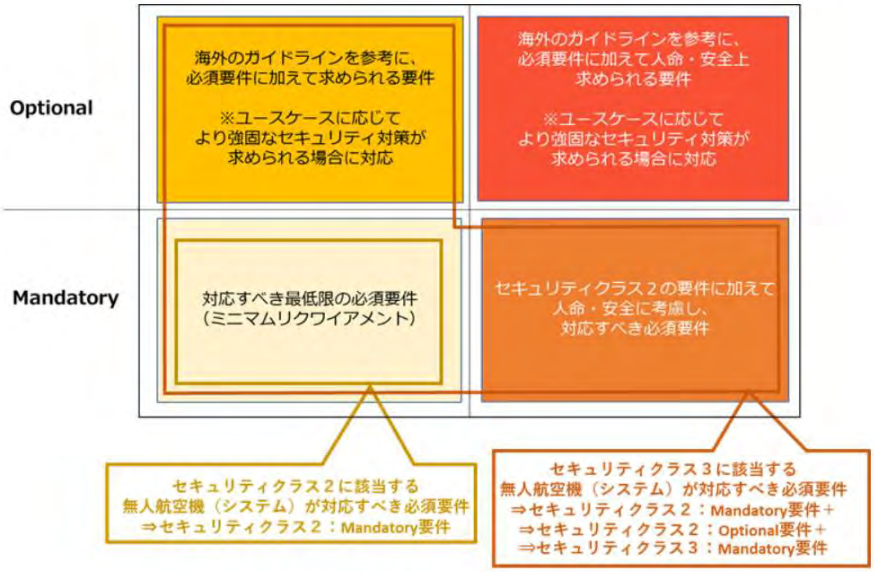


図2　各クラス区分に対するセキュリティ要件

出典:経済産業省 HP

2.4 事業体が直営で点検を実施する場合の注意点等

(1) 専門業者に依頼するメリット

事業体がドローンによる点検を専門業者に依頼するメリットを以下に示す。

・ドローン専門業者は、用途別や要求仕様別に、複数のドローン機体を所有し、運用している場合が多い。
・ドローン専門業者は、ドローン飛行の際に必要となる準備の申請および資格取得は、所有ドローン機体・所属パイロット登録・申請取得済みであることがほとんどであり、飛行の準備を効率的に進める事ができる。
・安全面に関して点検に関わる多くの現場を経験していることから、必要となる機材の選定における適切な判断、飛行計画の作成における安全かつ効率的な計画の立案ができる。

(2) ドローンの操縦について

(a) 職員の確保

事業体が直営でドローンによる調査・点検を行う場合、ドローンを操縦できる職員がいることが条件となる。

ドローンを操縦できる職員がいない場合、飛行許可・承認申請を行う際にドローンの飛行経歴を求められるため「飛行を予定している無人航空機の種類別（飛行機、回転翼航空機、滑空機、飛行船のいずれか）に 10 時間以上の飛行経歴を有すること」の条件をクリアすることができない。

また、申請に必要になる経歴証明のため、国家資格ではない民間の認定資格（JUIDA、DPA、JDC など）を取得することも推奨する。

(b) 操縦難易度

ドローンには数多くのセンサーが搭載されており、飛行安定性の実現と同時に、予め定めた飛行経路を自動で飛行する自動操縦機能が備えられていることが多い。これにより初心者でも少しの練習で基本的な操縦が可能となるほか、撮影写真に撮影位置座標を記録することも可能となるため、データ整理が容易となり、後処理解析の効率化の点でメリットがある。

水管橋の点検を目的とした撮影を行う場合、ドローンに搭載されているカメラの性能によってはドローンを水管橋に接近させる必要がある。ドローンの操縦補助機能として障害物検知機能が具備されているドローンの場合、特定方向の障害物を検知し、それ以上の接近を行わない制御が働くため比較的安全に運用できると考えられるが、障害物検知機能が具備されていないドローンの場合は目視または、画角から離隔距離を把握する必要があり、操縦難易度が高くなる。

また、非 GNSS 環境（後述）では、ドローンの自機位置を特定する GNSS を正常に受信することができないことから、マニュアル操縦によりドローンをコントロールする必要がある。この場合、風等の外力を考慮して常にドローンの姿勢を微調整する必要があり、機体を直接目視できる状態における操縦でも難易度が高く、直接目視できない状態（目視外飛行）ならば、機体搭載カメラの映像で姿勢や障害物を把握しながらの操縦となり、より難易度が高くなる。そのため、非

GNSS 環境下かつ点検対象に接近させて飛行を行う必要がある場合には、非 GNSS 環境においても自動操縦または自動ホバリングが可能なドローンを選択することを推奨する。

なお、飛行環境に問わず、ドローンに予期せぬ挙動が発生した場合は操縦者の技量で安全に着陸させる必要があるため、自動操縦機能を過信せずに日常から飛行練習を重ねることが重要である。

【非 GNSS 環境について】

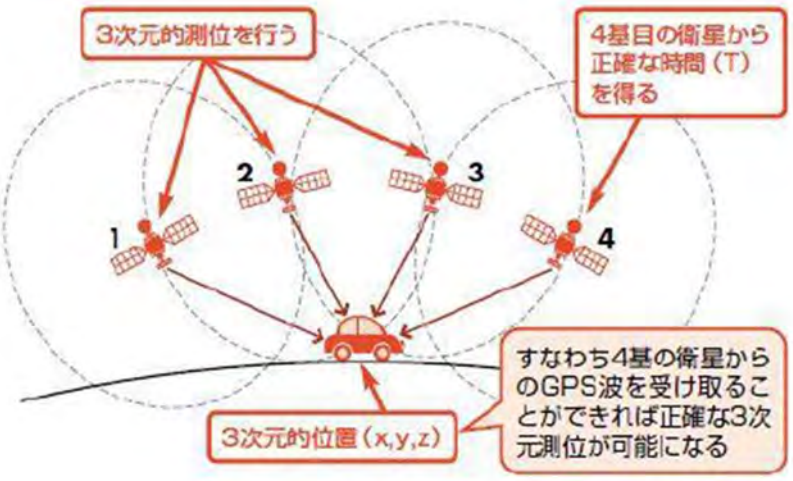
ドローンの自機位置を推定するために必要な GNSS の情報を正確に受信することができない環境のことを指す。一般的に屋内や建物至近距離、トンネル内や橋梁桁下環境等が該当し、特に水管橋点検においては橋梁桁側面、または桁下面に添架されている場合に該当となるケースが多い。GNSS の情報を受信することができない場合に機体の位置を安定させる目的でポジショニングセンサーが具備されていることが多いが、河川上を飛行する際はそのセンサーが有効に働かない可能性があるため、注意が必要である。

【参考】

GNSS とは、「Global Navigation Satellite System」の略で、アメリカ合衆国によって運営される 31 機の衛星測位システムの「GPS」、ロシアの「GLONASS」、日本の「みちびき」等の総称である。

ドローンはこれらの衛星から発信される電波を利用して、自己位置を推定しており、近年のドローンは GPS、GLONASS から測位情報を取得することが多い。なお、一般的なドローンで利用されている測位方法は「単独測位」によるものが多いが、中には「相対（D-GPS）測位」「RTK-GPS 測位」といった方式が採用されているドローンも存在する。

「単独測位」による自己位置推定は、GNSS 衛星から発信された信号（電波）の時刻と、受信機で受信した時刻を計測することで、衛星から受信機までの距離を測定できる。



● **ドローン運用上、GNSS に関係する注意事項**

・ GNSS 衛星は静止衛星ではないため、GNSS 電波の取得状況は時間の経過とともに変化する。

・ 建物の側や山間・谷では、周辺環境による反射波の影響が出やすく、位置情報の精度が低下する。（マルチパス現象という）

・ 位置情報の誤差は数 m（1 m から大きいときには 5 m程度以上）生じる。この誤差を前提に飛行計画の立案が欠かせない。

・ 稀に何らかの原因により、突然 GNSS 電波の受信状況が悪化したり、位置情報が狂う場合があるため、操縦者は絶えずドローンの姿勢・位置・移動速度などを監視し、最悪の場合を想定した備えが必要である。具体的には、いつでもマニュアル操縦（手動操縦）に切り替えられる体制を維持し、あらかじめ不時着させる場所を取り決めておくなど。

・ GNSS 受信機は感度が高いため、様々な電子回路からの影響を受けやすいことを意識しておく。

・ GNSS 受信機の近くで高出力の電波や GNSS が利用する周波数帯に近い電波が放出される場合、電波干渉が起こり、GNSS 測位の障害になることがある。

（c）無人航空機操縦者技能証明書について

現在日本では、無人航空機の飛行のための免許制度はないが、国土交通省が無人航空機を飛行させるのに必要な技能（知識及び能力）を有することを証明する資格制度として「無人航空機操縦者技能証明制度（※）」がある。受験者が「ドローン情報基盤システム（DIPS2.0）」にて申請を行い、指定試験機関が実施する無人航空機操縦士試験（学科試験、実地試験、身体検査）に合格すると、無人航空機操縦者技能証明が取得できる。なお、登録講習機関の所定の講習を修了することで指定試験機関での実地試験が免除される。

また、直営でドローンによる点検を行う場合は、機体の損傷に対する保険や事故等に対する保険に加入することを推奨する。

（※）技能証明が必要となる飛行の詳細については P32 を参照。

● **一等無人航空機操縦士**

カテゴリーⅢの飛行（有人地帯における補助者なし目視外飛行）を行う場合に必要な資格。以下、二等無人航空操縦士の資格も包含している。

● **二等無人航空機操縦士**

カテゴリーⅡ（DID 上空、夜間、目視外、人又は物件から 30 m の距離を取らない飛行）の飛行において、第 2 種機体認証以上または第 2 種型式認証以上を取得した機体を運用する場合に、飛行許可・承認申請が不要となる資格。

ただし、カテゴリーⅡであっても空港周辺、高度 150 m 以上、イベント上空、危険物輸送、物件投下又は一定の重量以上の機体を飛行させる場合は、飛行許可・承認申請が必要である。

※飛行許可・承認申請を行っていれば、二等無人航空機操縦士の資格がなくても、カテゴリーⅡ（DID 上空、夜間、目視外、人又は物件から 30 m の距離を取らない飛行）の飛行は

可能である。

(3) 事前準備・調査・計画

(a) 現場環境の確認

現場環境は、ドローンの飛行や撮影に影響を及ぼす要因となるため、事前調査・事前踏査の時点で必ず確認しておかなければならない。現場環境の確認では、足元状況、現場進入経路の状況、また現場周辺の状況などを確認する。

事前に確認をした方がよい主な項目を以下に示す。

現地踏査結果を飛行計画へ反映させることや関係者への共有を目的とし、「現地調査・現地踏査記録用紙」を用いて、記録・共有すると良い。

表 2-3 現場環境の確認内容

現場環境	詳細	内容
飛行範囲付近の状況	足元状況	離着陸スペースの確保、作業時に徒歩移動ができるか、移動範囲はどこまでか等を把握する。植栽が障害となる場合は、伐採が可能か要確認。
	進入経路状況	作業場所まで必要機材を運搬する際に、どこまで車両が近づけるか、車両から作業スペースまでの道のりに危険はないか、運搬が可能であるかを把握する。
	障害状況	飛行経路となり得る範囲に樹木や送電線などがある場合は、飛行不可、または飛行経路及び撮影方法の工夫が必要となる可能性があるため、十分に把握する。
周辺の状況	航空法規制	航空法で定められている飛行禁止区域や環境、主に DID 地区、第三者 30m 以内、飛行場付近には十分に注意し、適切な対応をとる必要がある。
	電波状況	現場周辺の強力な電波を発する施設（携帯基地局や電波塔など）や現場近辺が壁や高層構造物に囲まれて電波障害（マルチパスフェージング）の可能性があるかを把握する。（必要に応じて専門家に現場の電波強度計測を依頼する。）
	第三者の接近有無	側道や横断道路、自転車・歩行者の接近の可能性があるかを把握する。道路に関しては、交通規制が必要となる場合があるため、管理者との協議が必要。

提供:Aqua-Bridge プロジェクト参加企業

(b) 中止・中断の判断

現場作業中に天候不良や、機材トラブルにより作業を中止もしくは中断しなければならないことがある。ドローンの飛行中止・中断基準を以下に示す。

飛行中にトラブルが発生してから着陸地点を探すのでは遅いため、飛行前に不時着させる場所を定めておく必要がある。

表 2-4 ドローンの飛行中止･中断基準例

項目	内容
降雨・降雪	機体自体は小雨程度であれば、離陸ポイントに帰還することは可能であるが、搭載機材（映像伝送装置、点検用カメラなど）は防水ではないため、すぐに飛行を中止・中断する。
強風	地上平均風速が 5.0 m/s 以上となる場合は、飛行を中止・中断する。また、地上で風速が小さくても上空はわからないため、操縦者が危険と判断した場合は、指示に従う。
雷	現場付近に雷の音が接近していると判明した時点で、飛行を中止・中断する。
濃霧	操縦者が機体を目視できないほどの濃霧の場合は、飛行を中止・中断する。機体が目視できる場合でも、操縦者が危険と判断した場合はその指示に従う。
機材トラブル	飛行前の点検で、飛行に支障のある機材故障などが見つかった場合は、飛行を中止し、予備機材や現場修理が可能である場合は、すぐに対応する。

提供：Aqua-Bridge プロジェクト参加企業

(4) 調査実施の注意点について

(a) 運用時のリスク

ドローンはあくまでも「機械（道具）」であり、遠隔で「ヒト」が操縦し、上空を飛行する。

「ヒト」が操縦する以上、“ミスをする”“機械は故障する”ことを常に念頭において、現場では万全の運用体制を取る必要がある。

さらに事故の発生を減らすために、事前準備の段階から徹底して安全対策を施し、常に安全な状態を作り、維持するための方法において「リスクアセスメント」が重要となる。

ドローンによる事故の原因と考えられる要因を以下に示す。

表 2-5 ドローンによる事故原因と考えられる要因（人的要因）

人的要因（操縦者）	環境要因
・ドローン操作に対する習熟度が低い（操作ミスによる墜落） ・法律や運用上のリスクに対する知識不足 ・監視不足によるバッテリー切れ ・操縦者の体調不良	・気象条件（風による失速・墜落、地形の配慮） ・他の交通・参加者（航空機、ドローン、人・車との接触） ・周辺施設、工作物（電線との接触）

提供：Aqua-Bridge プロジェクト参加企業

表 2-6 ドローンによる事故原因と考えられる要因（機械的要因）

機械的要因	管理要因
・ドローンの予期しない動作（ソフトウェアの不具合、パーツの不具合） ・バッテリー経年劣化・損耗 ・機体や機器の破損・摩耗 ・電波の混信・途絶による誤作動	・全体の運用ルールが不明瞭（法規制に対する認識不足による違法運用） ・緊急時の対応ルールが不明瞭（緊急対応手順不備） ・運用監視の連携不足

提供：Aqua-Bridge プロジェクト参加企業

(b) 飛行前点検

飛行を開始する前には必ず機体、機材の最終点検を行う。また、最終点検後には試験飛行を行い、飛行に異常・問題がないことを確認する。点検項目の一例を以下に示す。

表 2-7 ドローン飛行前 点検項目

機材	項目	内容
機体	機体の損傷、変形	フレーム、カバー、アンテナ等に損傷、変形はないか
	プロペラ・機体ねじ緩み	プロペラや機体に取り付けているねじに緩みはないか
	プロペラの取り付け向き	プロペラの取り付け向きは合っているか
	プロペラの損傷、変形	プロペラに損傷、変形はないか
バッテリー	バッテリーの損傷、変形	バッテリーに損傷や変形はないか
	バッテリーの残量	バッテリーの残量は十分にあるか
コントローラー	スティック、スイッチの異常	スティック、スイッチの動作に異常・異音はないか

提供：Aqua-Bridge プロジェクト参加企業

(c) 飛行の実施

飛行前準備が完了後、実施計画書の手順に従って点検飛行・撮影を開始する。使用する機種や現場状況に応じて必要な人員は異なるが、ドローン飛行における主な担当者とその役割を以下に示す。なお、使用する機種によっては役割を兼任する場合もあるため、事前の役割分担と確認を十分に行うことが必要である。

表 2-8 ドローン飛行に係る作業内容

担当者	作業項目	内容
操縦	離陸	周囲の安全状況を確認し、離陸合図の後、離陸する。
	機体の挙動確認	機体の挙動、操縦感覚の違和感有無を確認する。
	経路飛行	映像監視者が撮影開始位置まで案内し、開始位置まで到達後、飛行経路に沿って飛行を開始する。
	着陸	撮影完了後、周囲の安全を確認し、着陸する。
テレメトリー監視	モニター表示確認	バッテリー残量、通信状況等の表示を常に監視する。
	自己位置推定状況の確認	GNSS 制御等による自己位置推定状況を常に監視する。
	異常時の対応	飛行中に異常発生の表示が出た際に、速やかに対応できるよう備える。
映像監視	撮影開始	インターバル撮影もしくは動画撮影の開始を確認する。
	撮影状況確認	経路飛行中の撮影漏れ、飛行速度、カメラの傾きなどを映像で確認する。
	経路指示	撮影経路の逸脱、離隔距離のずれ、飛行速度の増減等がないか確認する。
安全監視	**周囲状況の確認**	第三者が飛行中のドローンに接触することがないよう、常に周囲を監視する。
	飛行状況の確認	飛行するドローンが、対象の構造物や周囲の障害物（樹木等）に接近していないかを監視する。

提供：Aqua-Bridge プロジェクト参加企業

テレメトリー監視は常に機体のすべての情報を把握、確認しなければならないため、非常に重要な役割である。テレメトリー画面に表示される主な項目と各項目の注意点を以下に説明する。

表 2-9 テレメトリー監視の確認項目

項目	内容
バッテリー残量	バッテリー残量を監視し、着陸までに残量不足とならないよう、管理する。
自己位置推定状況	GNSS 衛星の補足数等を監視し、自己位置推定に異常がないかを確認する。
リンク情報	飛行中に電波強度が低下した場合は、アンテナの向きを調整するなどして、できるだけ劣化が起きないよう対応する。それでも回復しない場合は、安定する位置まで機体を戻す。
飛行速度	飛行速度は、飛行計画時に設定した速度を大きくずれないよう調整する。
警告表示	警告表示には、上記項目それぞれに異常や劣化状況が生じた際に表示されるため、警告表示が出た際にはその内容を確認し、操縦者と共有する。

提供：Aqua-Bridge プロジェクト参加企業

(d) ドローンの点検・管理方法

着陸後または作業完了後、機体の状況を確認した後に片づけを行い、現場から撤収する。点検する項目は事前点検と同様とし、アフターケアとしてエアダスター等でモーターやプロポに降りかかった埃を除去する。また、作業記録を取り、次回に備える。

着陸後の作業内容の例は以下のとおりである。

表 2-10 ドローン飛行 着陸後の作業内容

作業項目	内容
機体への接近	機体着陸後は、プロポのスティック誤操作でプロペラの回転が再始動する可能性があるため、すぐに機体に接近せず、プロペラの回転が止まり操縦者から接近を許可する合図の後に接近する。
機体の電源	Li-po バッテリーは誤った取扱いや落下時の衝撃などで発火・爆発の恐れがあることに注意し、機体から Li-po バッテリーを取り外す際は落下等に十分注意する。次回飛行分の残量があれば、そのまま搭載しておく。
Li-po バッテリーの取り外し	（複数バッテリーを搭載する場合）満充電と放電されたバッテリーをセットで機体に接続すると Li-po バッテリーの故障につながるため、使用した Li-po バッテリーは、使用済みと分かるよう仕分けをする。
Li-po バッテリーの充電	Li-po バッテリーを作業中に充電する場合は、発電機および充電器を直射日光、砂ぼこりなどに注意して設置し、耐火バッグを使用して充電する。
撮影データの取り出し	撮影データを保存している SD カード等は、適宜データの取り出しを行い、飛行中に容量不足とならないよう注意する。

提供：Aqua-Bridge プロジェクト参加企業

安全な運用のために、定期的に機体を点検する。特に使用予定がなくても、月に数回程度は電源を投入し、各種動作確認を実施しておくと、突然の飛行依頼にも慌てることがなく対応できる。

また、１年に１回を目安に総点検（オーバーホール）を行うことを推奨する。機体内部の健全度等はユーザーでは分からないため、メーカーへ点検を依頼することを推奨する。

(5) データの整理

(a) データ管理について

動画データや複数枚の画像によりデータを保存する場合、大容量になることが考えられる。データ容量を抑える方法として、合成画像やオルソモザイク画像を生成することも一つの手段である。

また、大容量データの保存先にクラウドの活用などが考えられるが、一方でデータのセキュリティに配慮する必要がある。

データの保存方法は、管理する側でルールを設けることも必要である。

例）動画は、前回点検分のみ。写真は、劣化箇所及び経過観察箇所のみ。

データは、ローカル（ディスク、HDD）保管を基本とする。

(b) 撮影及びデータ確認時の注意点

ドローンによる撮影、及びデータを確認する場合、以下の点に注意する。

- 撮影時に逆光に配慮する必要がある。対象が確認できるよう撮影位置の調整などを行い、対応する。
- 橋梁など、水管橋・添架管上部からの滴水等による腐食の可能性に留意。
- 従来、点検者が目視でも判断が難しいものは、ドローン点検でも判断は難しい。

(6) ドローンのバッテリーについて

ドローンのバッテリーは、バッテリー残量により飛行時間に影響し、バッテリー自体を適切に管理する必要があり、ドローンを取り扱う上で重要な事項である。

ドローンのバッテリーは、リチウムポリマーバッテリーが使用されることが多く、リチウムポリマーバッテリーの特徴としては、軽量・コンパクトであり、大容量であることが挙げられる。

(a) 飛行中のバッテリーの交換について

ドローンの飛行は、バッテリー残量が少なくなったら、完全にバッテリーがなくなる前にドローンを安全に着陸させ、バッテリーを交換した上で、再度離陸させる必要がある。

バッテリー交換を行う目安として、バッテリーの容量ではなく、電圧で管理する方法を推奨する。理由としては、電流を流すと電圧が低下し、特定の電圧を下回ると、極端に電圧（出力）が低

下するためである。下図にドローンのバッテリーとして広く使われているリチウムポリマーバッテリーの電池特性の例を示す。

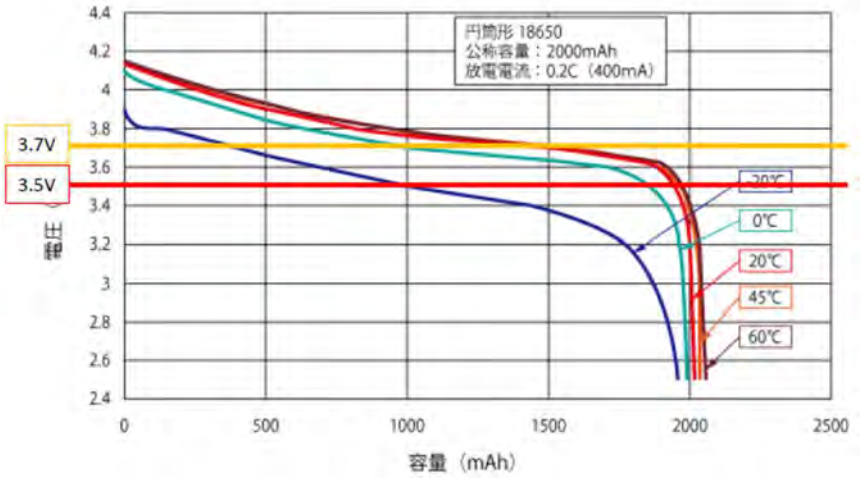


図 2-9 リチウムポリマー電池特性の例

提供：Aqua-Bridge プロジェクト参加企業

(b) バッテリー発火の危険性

リチウムポリマーバッテリーは以下の要因で発火する危険性があるので、注意が必要である。

【発火要因】

- 強い衝撃
- 短絡（ショート）
- 過放電、過充電
- 電圧管理不足によるセルバランス異常
- 満充電での長期保管

【発火時の対処法】

- 大量の水をかける（少量ではかえって危険となるため、大量の水をかけ続けることが重要）
- 消火用砂をかける
- 消火布で覆う
- 消火器を吹きかける

(c) バッテリーの取り扱いについて

リチウムポリマーバッテリーの取り扱いにあたっては、以下に注意が必要である。

- **短絡（ショート）**

  最近ではケーブルタイプのバッテリーを使用する機体は少ないため、短絡の発生が起こる可能性は低いが、バッテリーの近くには通電性のある物を置かないよう注意する。基

- **過放電**

  単セルの公称電圧は 3.7 V だが、満充電時の電圧は 4.2 V となる。使用して放電すると電

圧が降下していき、各セルが３Ｖよりも下回ると「過放電」となる。さらに放電して、2.6Ｖまで電圧が降下すると電池機能そのものが消滅してしまうおそれがある。

- **過充電**

  バッテリーの満充電時の電圧は 4.2Ｖという上限があり、この値を超えて充電すると「過充電」となり、バッテリーが破損する要因となる。また、4.2Ｖ以上になると内圧が上昇して過熱し、極端な場合は熱暴走を起こして爆発的に反応が進む場合があり、最悪の場合は発火する。

- **保管方法**

  リチウムポリマーバッテリーは内部の化学反応で電気の出し入れを行う。気温が上がると内部の化学反応が促され、バッテリーが「活性化」する。この特性のため、寒い場所で満充電にしたバッテリーを暖かいところに持っていくと、電圧と内圧が上がり「過充電」の状態になる恐れがある。満充電での長期保管を行わないことが重要である。
  適切な電圧に調整した上で、万一に備えて耐火バッグに入れて保管する。

- **処分方法**

  モーターを回して使い切ったとしても、微量に電気が残っている場合がるため、完全放電させた上で、自治体の処分方法に従って処分する。業務で使用したバッテリーは産業廃棄物となる。然るべき業者へ依頼し、処分するようにする。

  また、１度でもショートしたバッテリーは、内部で破損している可能性があるため、再使用しないこと。

(7) 気象知識

ドローンを安全に運用する為には、気象について基礎的な知識を持っておく必要がある。風の向きや強さを知るだけでなく、地形に由来する気流等も知っておくことが、ドローンの安全な運用に寄与することに繋がる。ドローンは風の影響を強く受けるため、飛行場所には風速計を携行し、風の強さがどの程度か常に監視することが重要となる。

(8) 電波

ドローンは電波により通信を行い飛行しており、ドローンが主に受ける電波障害は以下のとおりである。ドローンの事故は電波障害によるものが多いため周囲環境には十分注意が必要である。

- **電波干渉**

  位相差による干渉だけではなく、別の無線機から発射する同じ周波数の電波による混信も起こりうる。ドローンは基本的に 2.4GHz の周波数帯を使用していて、携帯電話などと同じ周波数帯である。周囲に見学者がいる場合は、携帯電話を機内モードにしてもらうなどして対策が可能。

- **マルチパス**

  建物、地面などに反射し、時間がずれて同じ電波を受信することで起こる。

- **感度抑圧**

  飛行エリアに強力な電波を発射する基地局や放送局、マイクロ回線局等があると電力（電波）干渉を受ける場合がある。

(9) 機体の挙動予測

(a) 周辺環境・設備の影響

街中では高層ビル、屋上に設置された無線基地局、高圧受電設備（キュービクル）、金属板、高圧電線等、ドローンが使用している電波やセンサー類に悪影響をきたす設備、資材が存在する。自己位置推定ができている場合でも精度が著しく劣化している状態や、方位が不安定な状態に陥る場合がある。飛行前に必ず通信や自己位置推定状況、方位情報の確認が必要である。

(b) ドローンの安全機能

何らかの異常が発生した際に安全側へ制御する装置及びシステムがドローンには搭載されている。フェールセーフ機能と呼び、極力安全に帰還、もしくは着陸できるように制御されている。

ただし、機体メーカーによってフェールセーフが発動した際にとる機体の挙動も異なっているため、運用前に熟知し、飛行計画にも盛り込む必要がある。

3. ドローン等を活用した水管橋点検

3.1 ドローン等を活用した水管橋の点検手法

3.1.1 プロジェクトにおける検討内容

このプロジェクトでは、ドローンを中心とした ICT 等新技術を対象に水管橋点検への活用方法やメリット、課題等について情報収集や検討を行っている。以下に当プロジェクトにおける考え方や言葉の取扱い等について説明する。

(1) 点検作業の内容

このプロジェクトにおける点検作業は、原則として「厚生労働省ガイドライン」に記載されている点検作業を指す。以下に示す図は、第 1 章で引用した「厚生労働省ガイドライン」に記載された、点検に関わる技術的行為のフローである。水管橋の点検は、方法によらず以下のフローによって実施することが基本となる。

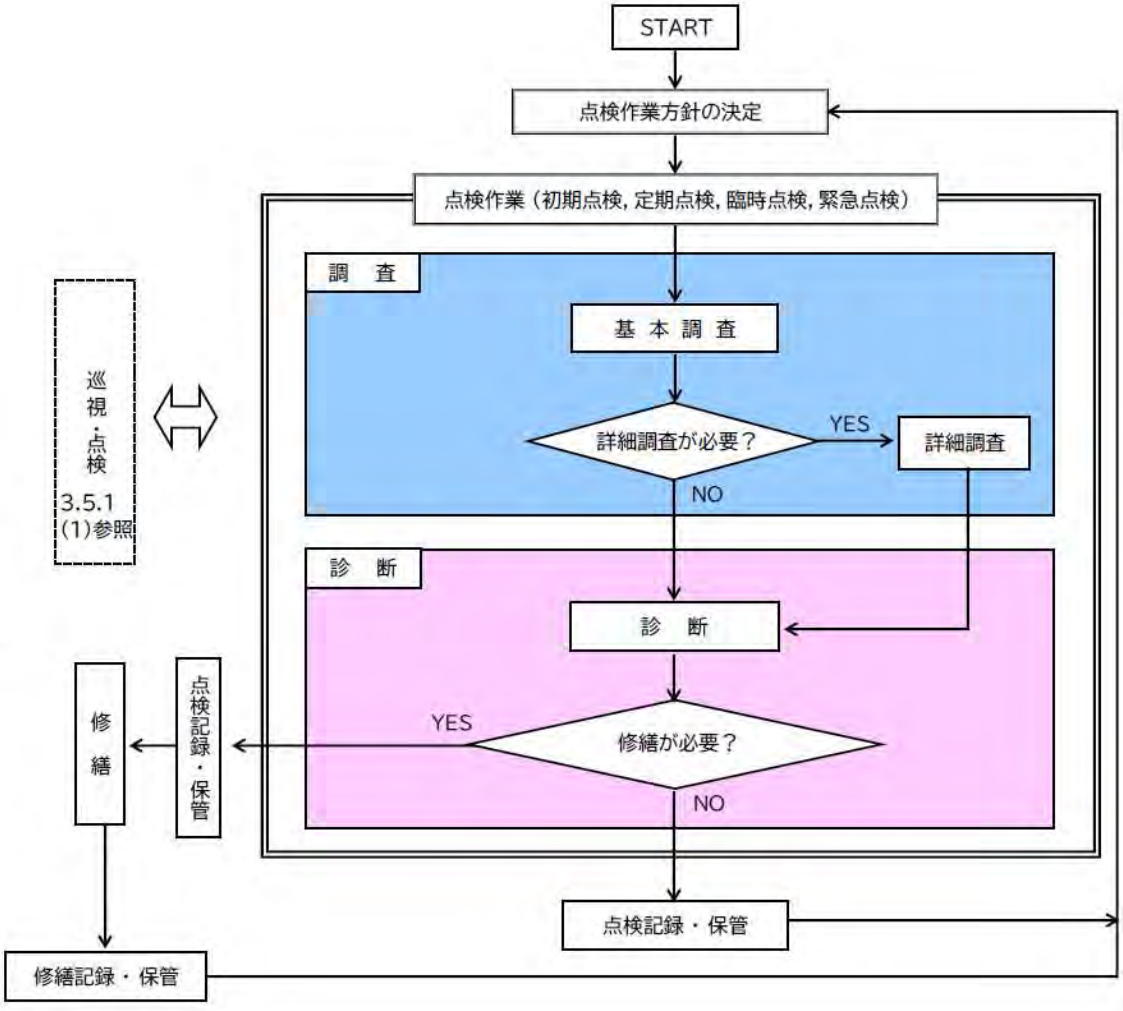


図 3-1 点検に関わる技術的行為のフロー

出典：水道施設の点検を含む維持・修繕 の実施に関するガイドライン（厚生労働省）

点検作業は大きく調査と診断というステップに分かれており、調査はさらに基本調査と詳細調査というステップに分けられている。基本調査は損傷・劣化の状況を定性的に把握する調査であり、目視又はこれと同等以上の状態把握ができる方法で行うことが基本となる。必要に応じて打音・触診調査を実施する。詳細調査は損傷・劣化の程度等を定量的に把握する調査であり、各種計測器具などを用いて調査・分析を行う。詳細調査は、基本調査だけでは診断ができない場合に必要に応じて実施するものであるが、いずれの調査もその結果をもとに、修繕の必要性についての診断を行うことが最終的な目的となる。

なお、詳細については「厚生労働省ガイドライン」を参照いただきたい。

表 3-1 点検作業の概要

点検作業	概　　要
基本調査	・損傷、劣化の状況を定性的に把握する調査 ・目視又はこれと同等以上の状態把握ができる方法が基本 ・必要に応じて触診、打音調査を行う
詳細調査	・損傷、劣化の程度等を定量的に把握する調査 ・各種計測器具などを用いて調査・分析
診　　断	・基本調査や詳細調査の結果に基づいた修繕要否の判定等

(2) プロジェクトで取り扱う ICT 等新技術

当プロジェクトでは、ICT 等新技術として、主にドローンを取り上げている。ドローンは点検作業のうち、調査を実施するための技術であり、写真・動画の撮影といった映像データや点群データの取得を得意とする一方、触診や打音調査をドローンによって実施することは一般化されていない。そのため、当プロジェクトでは、基本調査のうちドローンによる触診・打音は対象としないものとした。さらに、詳細調査を実施する場合、ドローンに搭載できる計測機器は一般的に流通しているとは言えない状況である。よって、詳細調査についても、当プロジェクトではドローンでの実施が難しい調査、すなわち現状では人手によって実施するべき調査内容として扱うものとしている。

その他、ドローンによる調査を補完する技術としてポールカメラ及び自立式点検ポール（以下、ポールカメラ等という）を、診断を行う技術として、AI を取り上げている。

なお、ICT 等新技術による点検手法と対比する形で従来の点検手法について取り上げているが、本書で言う従来の点検手法とは、主に以下の手法を想定したものである。

・歩廊からの近接目視調査
・双眼鏡、望遠カメラ等による遠望目視調査
・船舶を使用した水管橋下側の近接目視又は遠望目視調査
・足場等の仮設を設置して行う近接目視調査
・高所作業車を使用した近接目視調査
・橋梁点検車を使用した近接目視調査

・ロープアクセスによる近接目視調査

(3) 実証実験

当プロジェクトでは、水管橋をフィールドとした実証実験を行った。以下の表は、プロジェクト期間中に実施した実証実験の一覧である。計 12 橋で実施しており、うち 9 橋でドローンでの実証実験を行った。形式は、パイプビーム形式、補剛形式（トラス補剛、ローゼ補剛、ニールセンローゼ補剛）、橋梁添架となっている。代表的な形式のうち、フランジ補剛形式とランガー補剛形式では適当な条件がそろわなかったため実施していないが、ドローンで点検を実施するうえでは、それぞれパイプビーム形式とローゼ補剛形式から類推することとした。

表 3-2 実証実験の一覧

No.	水管橋名	形式	橋長 (m)	口径 (mm)	使用機材	AI
1	観音橋水管橋（東京都）	三角トラス補剛	57	500	ドローン	-
2	日の出橋水管橋（東京都）	逆三角トラス補剛	47	500	ドローン	○
3	鏡川水道橋（高知市）	ニールセンローゼ補剛	149	900×2 条 500×1 条	ドローン	○
4	国分川水管橋（高知市）	斜張橋補剛	185	450×2 条 300×1 条	ドローン	-
5	豊橋添架管（豊橋市）	橋梁添架	186	300	ドローン	-
6	荒川水管橋（埼玉県）	ローゼ補剛	1101	1200×2 条	ドローン	-
7	吉田大橋添架管（豊橋市）	橋梁添架	272	300	ドローン ポールカメラ	-
8	広瀬川水管橋（仙台市）	ランガー補剛	414	1100×2 条	ー	○
9	千代大橋添架管（仙台市）	橋梁添架	310	500	ドローン	○
10	生野橋水管橋（神戸市）	パイプビーム	86	700	ドローン	-
11	神ノ木橋添架管（神戸市）	橋梁添架	26	300	自立式点検ポール カメラ	-
12	神若線添架管（神戸市）	橋梁添架	30	500	自立式点検ポール カメラ	-

実証実験の実施方法として、プロジェクト参加企業のうち、ドローンでの点検が可能な企業を中心に、管材メーカーや継手等付属設備メーカー等の企業、コンサルタントやマッピングシステムの企業がそれぞれ参加する体制をとった。ドローン等の新技術は水道分野での導入はまだ進んでいない状況であるため、水道分野に知見を持つ企業が参加することで、水管橋点検にドローンを活用できるかどうかの妥当性を考慮した検討ができたものと考えている。

3.1.2 ドローンを活用した点検手法（上部工）

「厚生労働省ガイドライン」には、基本調査の方法として目視又はこれと同等以上の状態把握が基本とされている。これは、従来手法で行う基本調査が原則目視によるものであるが、診断にあたってこれと同等以上の精度が得られる方法であれば代替としてよいということであり、実際に従来手法においても写真を撮影し、後からその写真をもとに診断を行うという方法がとられることがある。一方で、点検用ドローンには基本的に 4K 程度の可視光カメラが搭載されているほか、上空からの撮影やカメラを真上にチルトしての撮影が可能であるなど、映像データの取得は得意とする分野である。よって、まずは可視光カメラでどのような精度・範囲を撮影することができるか確認することを目的に、複数の形式の水管橋において行った実証実験の結果を以下に記載する。

なお、上部工と下部工で項目を分けており、ここでは上部工について記載する。

(1) パイプビーム形式

構造としては比較的単純な形式であり、全国的にも一般的にみられる水管橋である。厚生労働省の「厚生労働省検討報告書」P.19 には以下のように記載されている。

> 他の形式に比べて構造が単純であり、径間も比較的短いものが多いため全体の状況を把握しやすい。多くの場合、水道管からの漏水の有無により腐食の発生やその他の変状を間接的に知ることができ、比較的早期に水管橋等の性能低下の状態を把握できる傾向にある。ただし、形式によっては、留意すべき事項もあり、例えば連続支持形式の水管橋等では、各径間の構造自体は単純であるが、規模が大きくなるため必ずしも全体の状況を把握することが容易ではない場合もある。また、両端固定の水管橋では、温度応力による管路の伸縮により溶接部からの漏水が生じやすいなどの特徴がある。さらに、他の水管橋と同様に、単純支持形式や一端固定一端自由支持形式では、支承部のリングサポートや溶接部にも腐食やアンカーボルトの異常が生じやすい。

出典：水管橋等の維持・修繕に関する検討報告書（厚生労働省）

比較的早期に性能低下の状況を把握できる傾向にあることから、水管橋の現場状況によっては、従来の点検手法でもある程度は点検可能である水管橋も多いと推測される。しかし、規模が大き

くなると全体の状況把握も難しくなるとともに、支承部や溶接部といった箇所については他の形式と同様に弱点であることには注意が必要である。

(a) 調査方法

パイプビーム形式は、水管橋の長手方向に移動しながら上下左右 4 方向から撮影することで、基本的にほぼすべての部材を撮影することが可能である。

パイプビーム形式の場合、道路橋が隣接している場合や、水管橋の下側にも容易にアクセスできる場合など、ドローンを使用しなくても上下左右 4 方向からの調査が可能であることも多い。その場合は、費用や申請の難易度などから従来手法による調査が優位になることもあるため、水管橋の規模や現場状況を考慮して調査方法を決定すること。

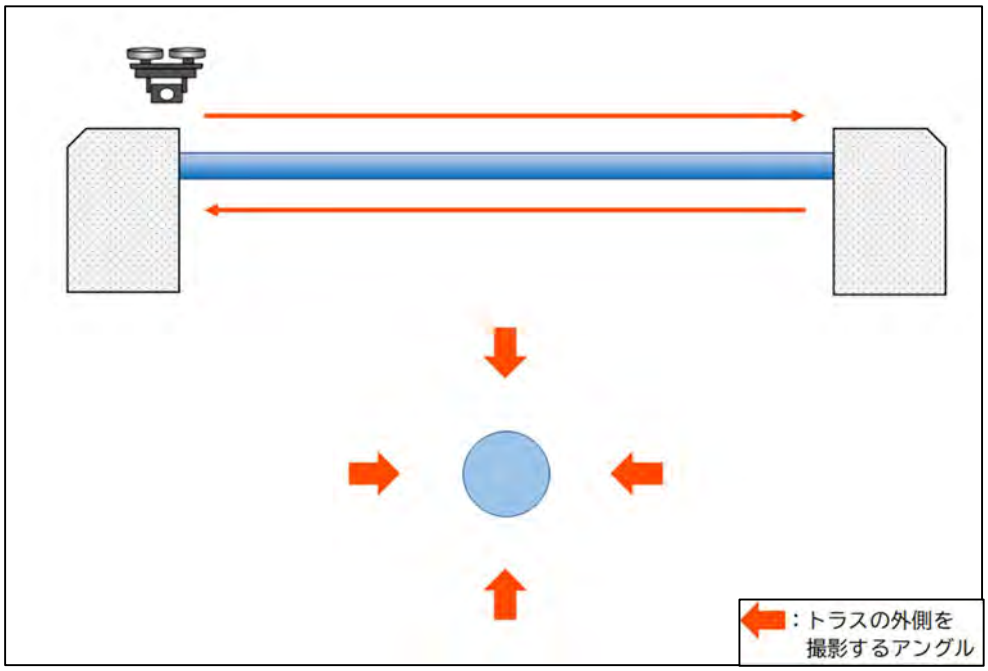


図 3-2 パイプビーム形式の点検時に求められる撮影方向

(b) 留意事項

水管橋に空気弁等の付属設備や下部工がある場合には、別途追加の撮影が必要となる。

(c) 事例集参照先

・4-3-3　パイプビーム形式

(2) トラス補剛形式

補剛形式は、パイプビーム形式と比較して規模が大きくなると同時に、補剛材など点検すべき部材が増える。また、厚生労働省の全国上水道水管橋緊急調査のデータからも分かるとおり、ト

ラス補剛形式は全国の補剛形式の約半数を占める形式となっており、一般的な形式と言える。以下は厚生労働省の「厚生労働省検討報告書」P.27 の抜粋である。

> トラス補剛形式は、部材が立体的に入り組んだ複雑な構造であり、調査時には死角となる部分も多いため全体の状況が把握しにくい。補剛材の接合部などの段差が生じている部位や溶接接合部などでは塵埃の堆積や水が滞留しやすく腐食が生じやすい。また、大きな断面力が作用する構造部材は、最初は局部的な腐食であっても急激に腐食が進む可能性があるため注意が必要である。
>
> 水道管からの漏水や、水道管を含む鋼部材の腐食、塗装の劣化などの変状に注意するとともに、構造部材の局部的な劣化状態についても重点的に調査する必要がある。特に部材接合部や死角となっている部位については調査が容易でない場合があるため、水管橋の規模や作業条件に応じて適切な調査方法を検討することが望ましい。

出典：水管橋等の維持・修繕に関する検討報告書（厚生労働省）

補剛形式全般に言えることであるが、補剛材の中には大きな断面力が作用する構造部材もあり、これらは局部的な腐食であっても構造全体に大きな影響を与えるため、漏れなく点検を行うことが望ましい。また、トラス補剛形式はその構造上死角となる部材が多いことから、何度か角度を変えて撮影を行う必要が生じるため、パイプビーム形式等単純な構造と比較すると点検には時間を要する。

(a) 調査方法

トラス補剛形式の上部工の撮影は、大きく構造物の外側の撮影と内側の撮影とに分けることができる。図 3-3 は、三角トラス補剛形式の断面図に対するドローンによる撮影アングルを矢印で示しており、実線の矢印はトラスの外側、破線の矢印はトラスの内側を撮影する際のアングルを表現している。これらのアングルごとに水管橋長手方向に往復しながら撮影を行う。ただし、水管橋によって必要となるアングル数は異なるため、往復回数も一定ではないことに留意する。

なお、ここでは三角トラス補剛形式を例に挙げているが、逆三角トラス補剛形式では概ね上下が逆転したものと考えてよい。

このように外側から角度をつけて内側の撮影をするのは、ドローンでトラスの内側を飛行する際に接触のリスクを避けるためである。水管橋の規模によっては内側を飛行しながら撮影することも可能だが、接触防止機能を搭載したドローンであっても通常 1 m 程度、最小でも 50 cm 程度離隔をあけて飛行させる必要がある。また、トラス補剛の内側に歩廊を備えている場合は、さらに手すり等への接触のリスクが大きくなるため注意が必要である。

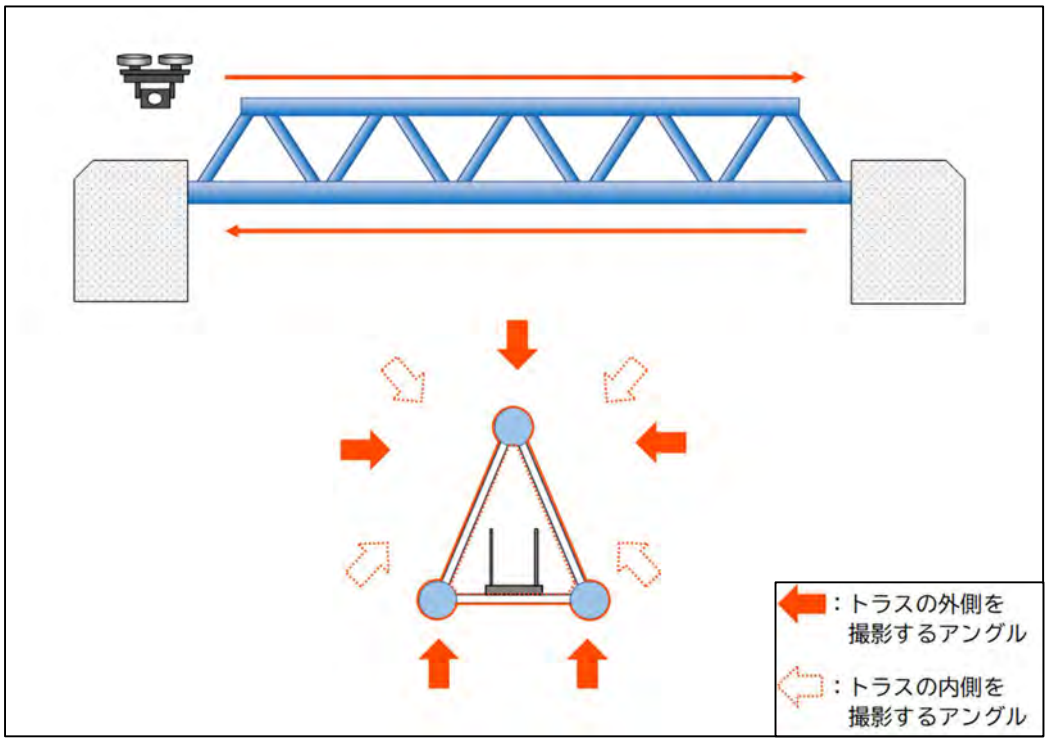


図 3-3 トラス補剛形式のドローンによる撮影角度

なお、全方位ガードを搭載したドローンの場合、構造物に接触しても墜落の可能性が極めて低いため、トラスの内側を飛行しながら撮影をすることが可能である。この際、構造物側の老朽化がよほど進んでいる状態でなければ、接触による構造物の損傷は基本的にないものと考えてよいが、当然接触は最低限に抑えることが望ましいため、点検時には留意すること。

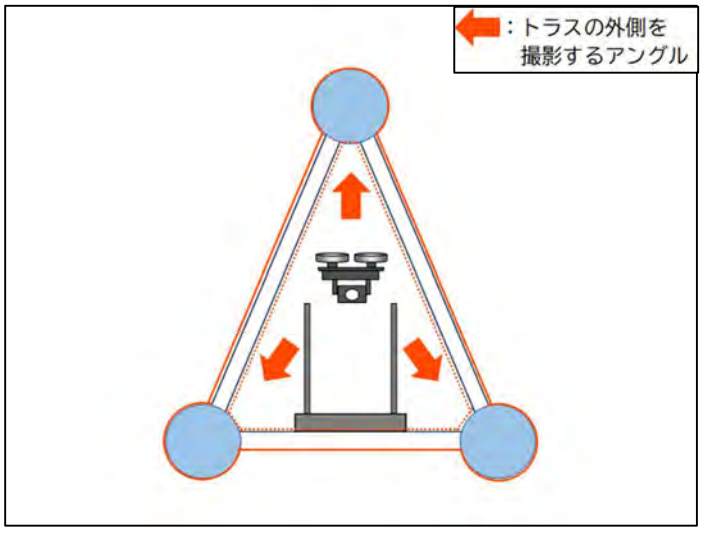


図 3-4 全方位ガードを有する場合のトラス補剛形式のドローンによる撮影角度

(b) 留意事項

特に水管橋の内側を撮影する際など、下から仰ぎ見るアングルで撮影することが多く、晴天時は逆光となることが多い。そのため、水管橋の方位や撮影時間を考慮した飛行計画の立案が必要である。

(c) 事例集参照先

・4-1-1　トラス補剛形式
・4-1-2　トラス補剛形式
・4-1-3　トラス補剛形式
・4-1-4　トラス補剛形式

(3) ローゼ補剛形式

ローゼ補剛形式は、補剛形式の中でもランガー補剛形式等と同じアーチ橋に分類される。ローゼ補剛形式とランガー補剛形式は構造上、各部材における力の受け持ち方が異なるものの一見して似た構造となっており、どちらも大規模な水管橋に採用されるため、歩廊を有する場合であってもアーチ部や吊材のすべてを目視で確認することは難しい。一方、六十谷水管橋（ランガー補剛形式）の崩落要因が吊材の破断であったように、補剛材の一部であっても全体のバランスを崩せば落橋のおそれがあるため、定期点検により損傷を把握することが重要となる。そのため、上空から近接撮影することができるドローン活用のメリットが期待できる。以下は厚生労働省の「厚生労働省検討報告書」P.28 の抜粋である。

アーチ補剛形式（ランガー橋）は、パイプビーム形式などと比べて構造が複雑で規模が大きく調査範囲が広くなり、調査時には死角となる部分も多いため全体の状況が把握しにくい。また、補剛材の使用により構造系全体のバランスを保っているため、それらが破断すると脆性的に落橋に至る可能性がある。

補剛材の接合部などの段差が生じている部位や溶接接合部などでは、塵埃の堆積や水が滞留しやすく腐食が生じやすい。また、大きな断面力が作用する吊材などの構造部材は、最初は局部的な腐食であっても急激に腐食が進む可能性があるため注意が必要である。

水道管からの漏水や、水道管を含む鋼部材の腐食、塗装の劣化などの変状に注意するとともに、構造部材の局部的な劣化状態についても重点的に調査する必要がある。特に部材接合部や死角となっている部位については調査が容易でない場合があるため、水管橋の規模や作業条件に応じて適切な調査方法を検討することが望ましい。

なお、六十谷水管橋の破損事故では、吊材に局部的な腐食が生じて破断し、これが引き金となって水管橋全体のバランスが崩れて落橋に至ったと考えられており、定期的な調査で吊材の著しい腐食を見逃していたことが原因の一つとされている。

出典:水管橋等の維持･修繕に関する検討報告書(厚生労働省)

(a) 調査方法

ローゼ橋の上部工を上弦材（アーチ部)、下弦材（水道管)、吊材に大きく分け、それぞれの部材ごとに撮影を行った。吊材についても、1 本ずつ上下にドローンを飛ばすことで、全部材を撮影することができた。さらに、対象水管橋は 2 条の下弦材の間に斜材が配置されていることから、真下からだけでなく側面斜め上側から見下げ撮影を行っている。

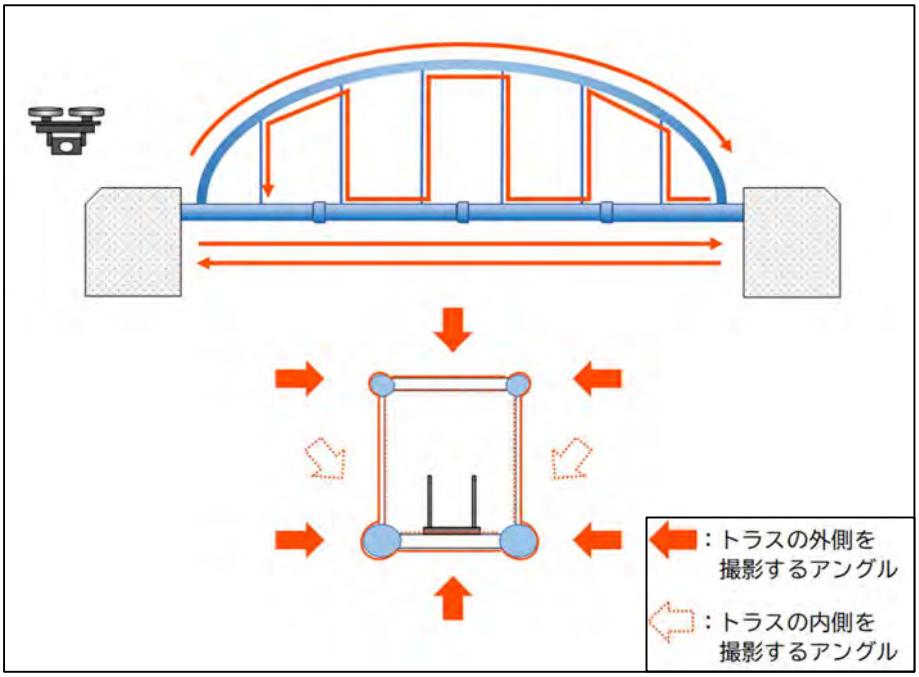


図 3-5 ローゼ補剛形式の点検時の撮影方法

(b) 留意事項

吊材等、1 部材あたりの長さがある部材を等間隔で撮影した場合、どの部分の映像なのか判別が困難になる。そのため、写真や動画データの記録・保管方法に留意する必要がある。記録・保管方法の例については後述する。

(c) 事例集参照先

・4-2-3　ローゼ補剛形式

(4) ニールセンローゼ補剛形式

ニールセンローゼ補剛形式は、アーチ橋における鉛直吊材を斜め吊材とした構造となっていることが特徴であり、斜め吊材にはケーブルやロッドが使用される。この実証実験の対象水管橋は

ロッドタイプの吊材であった。

なお、厚生労働省の全国上水道水管橋緊急調査のデータによると、ニールセンローゼ補剛形式の水管橋は全国に 25 橋と数は限られるが、いずれも大規模な水管橋であることが想定される。

(a) 調査方法

撮影方法は基本的にはローゼ橋と同じで、上弦材（アーチ部）、下弦材（水道管）、斜め吊材をそれぞれ分けて撮影を行っている。なお、吊材の径はローゼ橋のものと比較すると非常に細いものの、局部的な腐食等を見逃すことが無いように、表側と裏側どちらも撮影を行うことが望ましい。

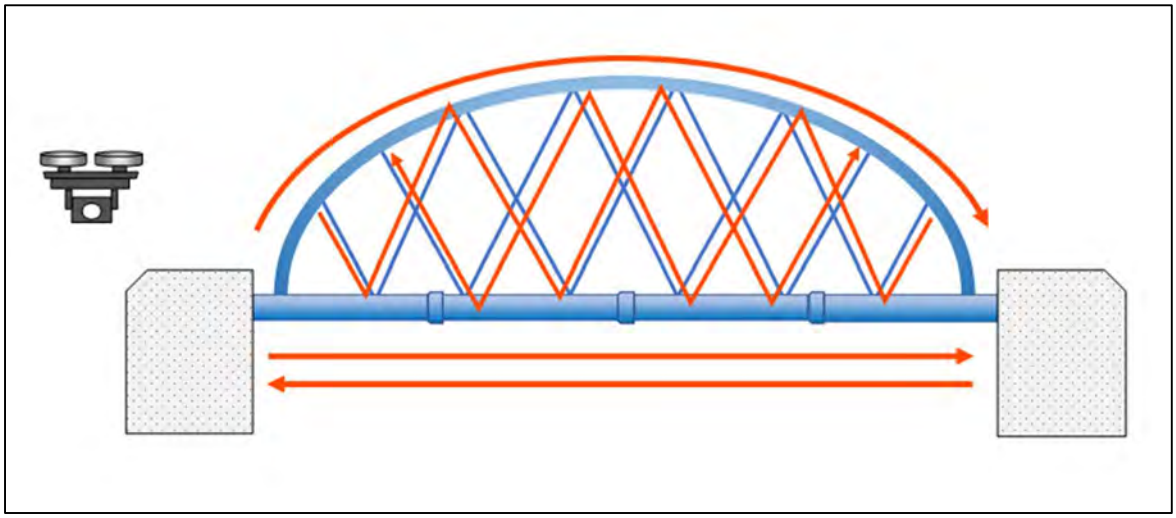


図 3-6 ニールセンローゼ補剛形式の点検時の撮影イメージ

(b) 留意事項

ローゼ補剛形式と同様、長さのある部材についてはデータの記録・保管方法に留意する必要がある。吊材の撮影において、径の小さなロッド部材であったが、本実証実験においては両面から撮影を行っている。

(c) 事例集参照先

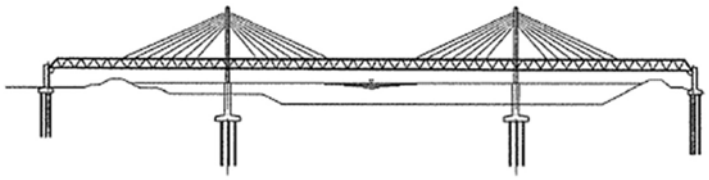
・4-2-1 ニールセンローゼ補剛形式、斜張橋形式

(5) 斜張橋形式

斜張橋形式は、厚生労働省の全国上水道水管橋緊急調査のデータによると全国に 31 橋と、ニールセンローゼ形式と同程度の数となっている。

なお、実証実験を行った水管橋の主桁の形式はトラス補剛形式であった。以下は厚生労働省の

「厚生労働省検討報告書」P.23、P.27 の抜粋である。



斜張橋形式は、トラス等で補剛された通水管を主桁に利用し、2 径間又は 3 径間の連続した主桁を中間橋脚の塔から斜めに張ったケーブルにより支持する形式で、多次不静定構造物である。主桁の形式はトラス補剛形式が最も良く用いられる。

斜張橋形式は、トラスで補剛された水道管を主桁として中間橋脚の塔から斜めに張ったケーブルで主桁を支持した構造であり、ケーブルには大きな引張力が作用している。構造規模が大きくなるため点検が容易でなく、ケーブルの腐食により脆性的な破壊が生じやすい。また、風や振動の影響も受けやすい。

出典：水管橋等の維持・修繕に関する検討報告書（厚生労働省）

(a) 調査方法

構造は大きく主桁部分と吊材部分に分けることができる。主桁部分に関しては、前述のトラス補剛形式での実証実験と同様、複数の角度から撮影をすることで点検を行った。

また、ケーブル吊材についても、ニールセンローゼ補剛形式と同様、1 本ずつ表側と裏側から撮影し、死角の無いように点検を行った。

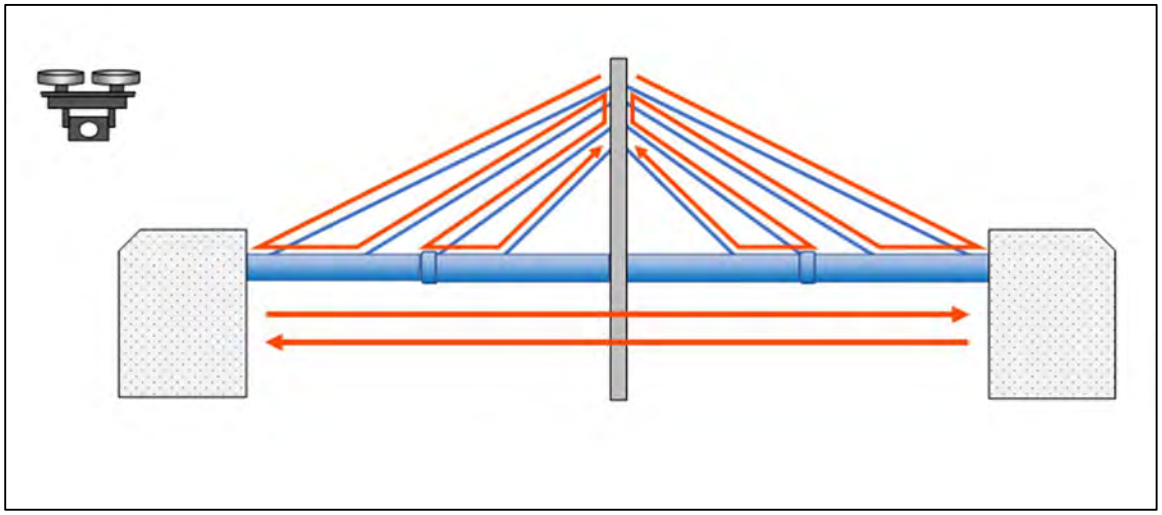


図 3-7 斜張橋形式の点検時の撮影イメージ

(b) 留意事項

斜張橋についても、アーチ補剛形式と同様に、長さのある部材についてはデータの記録・保管方法に留意する必要がある。ケーブルの撮影においても、本実証実験においては両面から撮影を行っている。

(c) 事例集参照先

・4-2-1　ニールセンローゼ補剛形式、斜張橋形式

(6) 橋梁添架形式

橋梁添架管は全国でも数が多い水管橋形式で、道路橋に添架されているのが一般的と思われ、厚生労働省の「厚生労働省検討報告書」P.29 には以下のように記載されている。

> 水道管は道路橋等の橋梁構造物に支持部材（アングル、受桁等の金物など）を取り付けて添架した構造である。水管橋の安全性はこれらの支持部材に依存しており、構造は比較的単純であるが、地上や路面から遠望で調査する場合が多く、死角となる部分も多い。また、車両の通行や風荷重等による振動で水道管や支持部材の損傷、取付ボルトの緩みなども生じやすく、雨掛かりや橋面からの漏水がある場合には、取付ボルトや支持部材の腐食も懸念される。

出典:水管橋等の維持･修繕に関する検討報告書(厚生労働省)

添架されている橋梁の形状により、添架方法も様々だが、大きく分けると桁外添架と桁内添架に分けることができる。桁外添架は橋梁の外側に管が出る形で添架されているもので、桁横に添架されていることが多く、橋梁添架形式の中では比較的点検が容易となるケースである。桁外添架の場合、管と橋梁の間は狭隘であるものの、ドローンで撮影する角度を工夫することで、おおむねの管や部材は撮影可能であると思われる。一方、桁内添架は橋梁桁下の主桁の中に管を通しており、管の 3 方向が橋梁本体の部材に覆われている。そのため、管の周りは全体的に狭隘であり、ドローンの飛行も容易ではない。

本プロジェクトでは、桁内添架の橋梁添架管 3 か所で実証実験を行い、ドローンでの点検方法や有効な活用方法、ドローン以外の技術を用いた点検方法について検証を行っている。その際、ドローン以外の技術を用いた点検方法について検証を行っている。その結果は、3.1.4 で後述する。
314

(a) 調査方法

添架形式（桁内）で、管の周りの隙間にドローンが入り込めない場合は、管の下側からの撮影が基本となる（図 3-8）。添架状況によっては、管横方向にずれ、斜め下側から撮影を行うことで管頂付近や空気弁等を撮影できることもある。

また、支持材によって管真下からの撮影では死角ができる場合は、管縦方向に対して斜め上側

から撮影することで死角を減らすことができる。ただし、撮影方向を斜め前にすると、橋脚を避ける際に橋脚付近の管が死角となる。その場でカメラを真上に向けるなど調整を行う方法もあるが、カメラ角度を固定したまま復路で撮影することもできる。

管の周囲の隙間が大きい場合は、全方位ガード付きドローンを使用するなどして、管を 4 方向から撮影することができる（図 3-9）。支持材付近は死角となりやすいため重点的に撮影を行う。

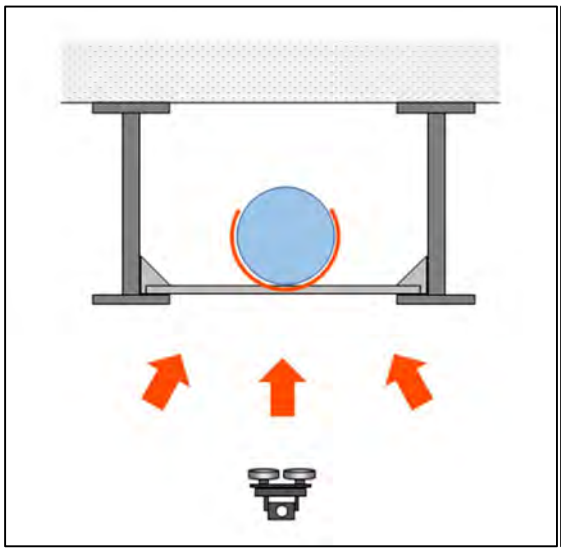


図 3-8　橋梁添架管　撮影方法

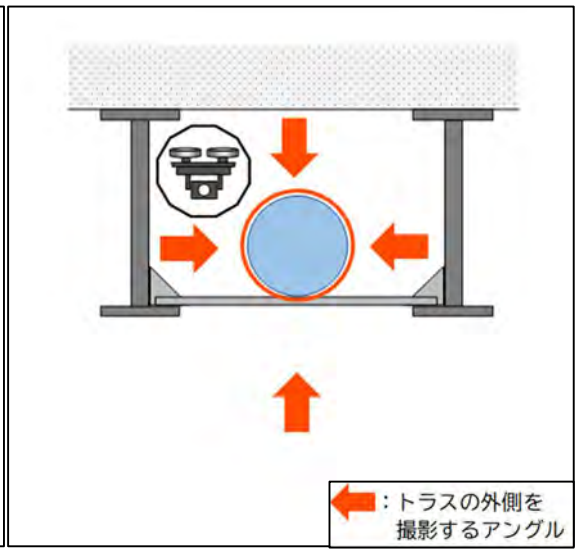


図 3-9　橋梁添架管　撮影方法
（全方位ガード付きドローン使用）

(b) 留意事項

全方位ガード付きドローンを使用することで、一般的にドローンでの調査が難しい桁内添架の橋梁添架管でも十分に接近しての撮影が可能となる。ただし、管の周りの空間の広さなど現場状況に左右されることや、特殊なドローンに分類されるため機種が限られることに留意すること。

(c) 事例集参照先

・4-2-2　橋梁添架形式
・4-3-1　橋梁添架形式
・4-3-3　橋梁添架形式

3.1.3 ドローンを活用した点検手法（下部工）

下部工の点検手法については、「厚生労働省検討報告書」P.50 には以下のように記載されている。

> 下部工についても表 4-7 に示すように、橋台や橋脚、及び管防護などの構造的な特徴を踏まえ、安全性（耐荷性）などの低下を招く要因について十分に留意し点検を行わなければならない。特に、橋台や橋脚においては、周辺地盤の変状による影響を受けやすく、地震時や洪水時などにおいては、甚大な被害が多数確認されていることから、それらの災害事象の影響が考えられる臨時点検や緊急点検だけでなく、平常時の定期点検においても、周辺地盤の変状などの兆候を点検することが基本である。

出典：水管橋等の維持・修繕に関する検討報告書（厚生労働省）

(a) 調査方法

下部工は、下図のように構造物全体をなぞるように、1m～2m 程度離れた場所からドローンを飛行させながら撮影をしていくことが一般的である。上部工と比較すると単純な構造が多いと考えられ、構造やドローンの機種によってはグリッド撮影が可能となる場合もある（図 3-11）。グリッド撮影とは、例えば橋脚の一つの面を撮影する場合、数 m 離れた箇所にドローンをホバリングさせ、その位置から面全体の写真を自動で均等分割して撮影する方法であり、作業時間を短縮することができる。

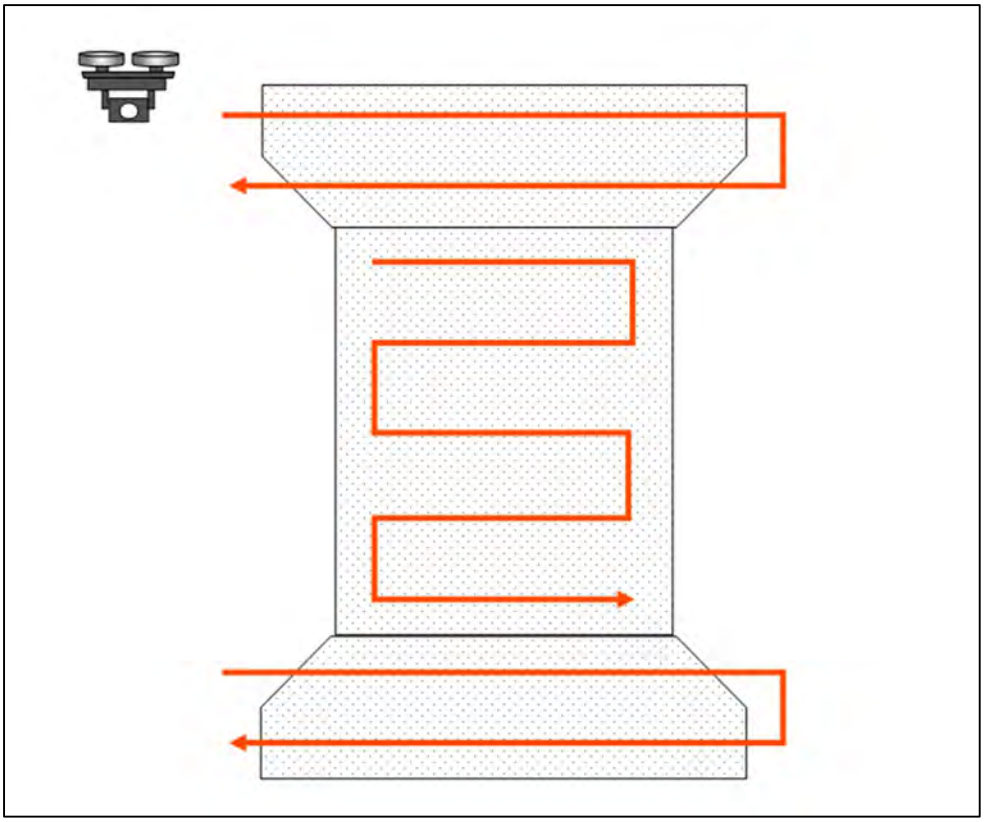


図 3-10　下部工の撮影方法

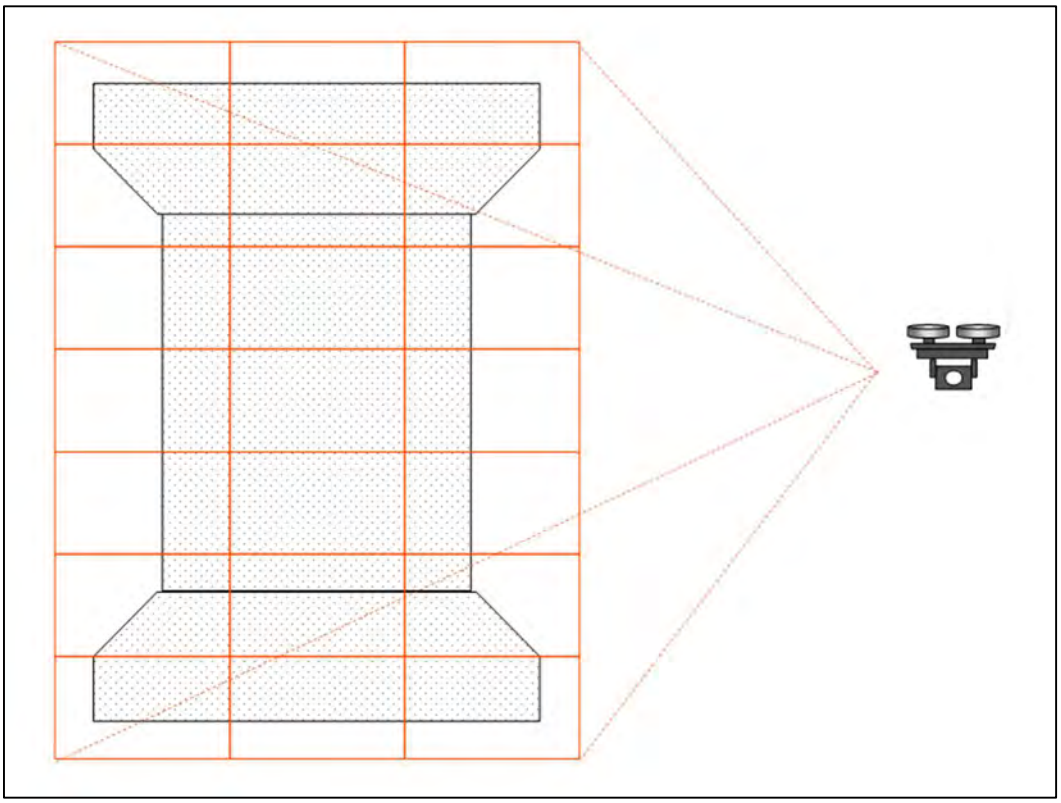


図 3-11 グリッド撮影機能について

(b) 留意事項

橋脚や橋台には四角柱や円柱など様々な形状があるため、例えば円柱の場合はパイプビーム形式の水管橋のように 4 方向から撮影するなど、形式に応じた撮影を実施する必要がある。

また、グリッド撮影は実施できる機体が限られる。大規模な構造物を撮影する際にはより効果を発揮するが、基本的には通常の撮影でも十分に調査が可能である。

(c) 事例集参照先

・4-2-3　ローゼ補剛形式

3.1.4 ドローン以外の新技術

基本調査における点検手法を選択しようとした際、ドローンでは実施が難しい場合もある。具体的には、①ドローンの飛行許可が下りない水管橋での調査、②ドローンが入れないほど狭隘な箇所の調査が例として挙げられる。①の場合はドローン以外の選択肢を検討せざるを得ないが、②の場合については、別の手法を組み合わせることで解決できる可能性がある。ここでは、実証実験で使用した、ドローンと組み合わせることで有用性を発揮する技術について記載する。

(1) ポールカメラ

ポールカメラはすでに橋梁点検においても活用が進んでいる技術であり、細長いロッドの先端にカメラを設置することで、目視では確認できない箇所まで調査を行うことができる。一般的な点検手法として、地面に置いたロッドを人が支えながら上部に伸ばして高所の調査を行うほか、釣り竿のように人が手に持って手元から離れた場所の調査を行うものがある。使用機器によって異なるが、概ね 5m～11m程度までロッドを伸ばすことができるため、この範囲内での調査が可能となる。また、先端につけるカメラは高解像度カメラや 360 度カメラなど、様々なカメラを付け替えることができる製品もある。

図 3-12 ポールカメラによる実証結果

様々な形式の水管橋で実証実験を行ったところ、ドローンによる調査が難しい箇所の代表例として、橋梁添架形式の桁内添架管が挙げられたため、この箇所についてポールカメラでの調査を実施した。結果として、ドローンでは確認できなかった管の上側の損傷や、空気弁等の調査を実施することができた。注意点としては、橋梁の桁下に人がアクセスできる場合に限られることや調査できる内容は基本的にドローンと同じで、触診・打音を除く基本調査を行うことが基本となる。また、人手で行うことになるため、ドローンで調査できない箇所に絞って行うことが有効であると思われる。一方で、使用においてドローンのように特別な許可が不要であることから、スポットで使用することが容易であることは大きなメリットであり、ドローンとの組み合わせが良好である要因でもある。

そもそもドローンの飛行許可が下りない水管橋においては、前述の桁下だけでなく、歩廊からロッドを伸ばして調査を行うことで、水管橋全体の調査に使用することも可能である。ただし、ロッドが届く範囲の調査に限られるため、概ね小中規模の水管橋への使用が基本となる。さらに言えば、前項のフローを参考に、パイプビーム等形式が単純な場合や小規模な水管橋などドローンを使用するまでもないような場合は、従来の目視点検等を補完するような活用方法も有効であると考えられる。

(2) 自立式点検ポール

自立式点検ポールは、ポールカメラの一種であり、ロッドの先端付近にドローン技術を応用したプロペラが四方に向けて設置されている。ロッドが傾くとセンサーが察知し、垂直に保つようにプロペラが動作することで、ほぼ人の支えがない状態で直立を保つことができる。そのため、ポールカメラでロッドを長く伸ばした際には人がしっかりと支える必要があるのに比べ、ほぼ力を入れなくても安定して直立することができることに加え、ロッドの転倒の危険性がほぼなく、作業の安全性につながる。最大調査範囲は 8m で、バッテリー稼働時間は無風・ホバリング状態で 90 分程度である。

基本的な使用方法や注意点はポールカメラとほぼ同様と言えるが、前述のとおり、ロッドを長く伸ばして使用する場合は、安全性の面でのメリットが大きい。一方、例えば橋梁添架管の桁下高が低く、一般的なポールカメラでも転倒の危険性が低いと思われる場合においては、ポールカメラの方が取り扱いやすいこともあるため、状況に応じて使い分けるとよい。

(3) AI（Artificial Intelligence：人工知能）による劣化状況の判断

前述の 2 つがドローンの代替等としてのハード機器であるのに対して、AI はソフト面での技術である。そのため、基本的にはドローンで取得したデータに限らず、ポールカメラや人手によって取得したデータに関しても活用が可能である。代表的な使用方法として、点検作業における診断において、人手に代わって判定を行う活用方法が考えられる。

当プロジェクトでは、ドローンや人手において取得した画像データでの診断について実証実験を行った。なお、AI はソフトによって判定できる損傷の種類が異なるが、実証実験では、汚れ、

外観、錆、剥がれ、割れといった損傷が判定可能なものを使用している。

図 3-13 AI での劣化状態の判定

提供：Aqua-Bridge プロジェクト参加企業

写真は、同一水管橋の塗装時期が異なる箇所について、同日に写真を撮影し、AI で判定したものである。目視でも塗装時期が古いものは経年の汚れがあることがわかるが、AI においても同様の判定となっている。結果として、判定は概ね良好であったと言えるが、実証実験を通して、導入にあたっての課題がいくつか挙げられたため紹介する。

AI で判定を行う際には、①損傷箇所の領域を判定する、②損傷状況を判定する、という 2 つのステップで正確な判定が求められる。①について、錆の検出を例に挙げると、下図の青く色づけした部分が錆と判定された箇所であるが、左から 2 番目の画像では水管橋自体の錆は検出できているものの、背景の一部も錆と判定してしまっていることがわかる。また、一番右側は水管橋を下側から撮影した画像であるが、画像全体の明度が低く、実際は汚れが付着したものであるが、全体的に錆と判定している。

図 3-14 AI 判定を使用する際の撮影のポイント

提供：Aqua-Bridge プロジェクト参加企業

背景などを誤検出してしまう場合の対処法として、セグメンテーションという、画像から点検対象領域をあらかじめ抜き取り、点検対象のみ AI に取り込ませるという方法がある。これができ

れば背景の誤検出はなくなるが、基本的にはセグメンテーションも AI 等によって自動で行うことが想定されるため、それ自体が正確に実施できることが必要となる。また、明度に関しては、逆光などによって画像全体が暗くならないように天候や撮影方法等の工夫が必要である。

図 3-15 セグテーション実施例

提供：Aqua-Bridge プロジェクト参加企業

次に、②の損傷状況の判定について錆を例に挙げると、ある領域に錆があることを判定した後に、その錆が直ちに修繕が必要かなど、損傷の程度を判定するものである。AI でここまで判定できれば診断に活用可能になると言えると思われるが、損傷程度の判定精度向上にはまだ時間を要すると考えられる。その要因として、教師データの不足が挙げられる。AI は判定精度向上において、例えば錆であれば、同じような錆の損傷状況の画像（教師データ）を多く取り込ませるというプロセスが必要となる。現状、水管橋の損傷状況に特化した教師データは全国的にも数が少ない状況であると言え、より多くの教師データ蓄積が AI 判定における精度向上につながると考えられる。一方で、コンクリートの橋脚・橋台のひび割れについては、橋梁点検分野における教師データの蓄積が多く、すでに実用化された AI ソフトもある。水管橋においても、橋脚・橋台は橋梁と同条件と考えられるため、導入を検討する場合の参考にしてもらいたい。

以上のことから、水管橋の特に上部工において、直ちに診断を人手から AI に完全に置き換えることは難しいと考えるが、損傷程度の判定まで行わない方法においては現時点でも活用の可能性がある。具体的には、前項で推奨したドローンでのスクリーニングにおいて、取得した全画像データの中から、損傷があると思われる箇所を AI により判定しピックアップする。そのうえで、最終的には人手によって、触診・打音や詳細調査、修繕の必要性を診断するという方法である。損傷の有無のみであれば、損傷の程度と比較しても難易度は下がり、現状の技術でも活用可能であると思われる。ただし、誤検出・検出漏れについては注意する必要があるものの、明確な損傷については検出できるものと考えられ、また、水管橋規模が大きくなればスクリーニングする画像データも膨大となるため、一次判定として AI を活用することで人手の作業量を大きく減らすことが期待できる。

3.2 点検手法の選定

ここでは、ドローン等 ICT 新技術による点検手法と従来の点検手法を含めた各点検手法を比較し、それぞれどのような場面での活用が有効であるのか検討する。

まず、各点検手法について、どのような点検作業が可能か一覧にしたものが以下の表である。本書では、ドローン、ポールカメラによる点検手法を新技術による点検手法、それ以外を従来の点検手法としている。

表 3-3 各点検手法における主な調査内容

分類	点検手法	主な調査内容
新技術	・ドローン ・ポールカメラ	基本調査（触診・打音除く）
従来	・歩廊からの目視 ・遠望目視（船舶含む）	基本調査（触診・打音除く）
従来	・高所作業車 ・橋梁点検車 ・ロープアクセス ・仮設足場	基本調査、詳細調査

ドローンとポールカメラによる点検は、同じ調査内容が可能な従来手法（近接目視・遠望目視）と比べ、広範囲の調査が可能であると言える。ただし、いずれも触診・打音による調査は一般的ではない。一方、高所作業車・橋梁点検車・ロープアクセス・仮設足場を活用した従来手法は、作業員が点検対象まで近づいて調査を行うため、触診・打音を含む基本調査だけでなく詳細調査も実施することができる。

次に、各手法における調査可能範囲について検討する。以下の図は、歩廊からの目視及び遠望目視を実施した際の、調査可能範囲をイメージしたものである。基本調査が詳細調査に内包されているのは、前述のとおり、詳細調査が可能な点検手法では基本調査も実施可能であることを表現している。

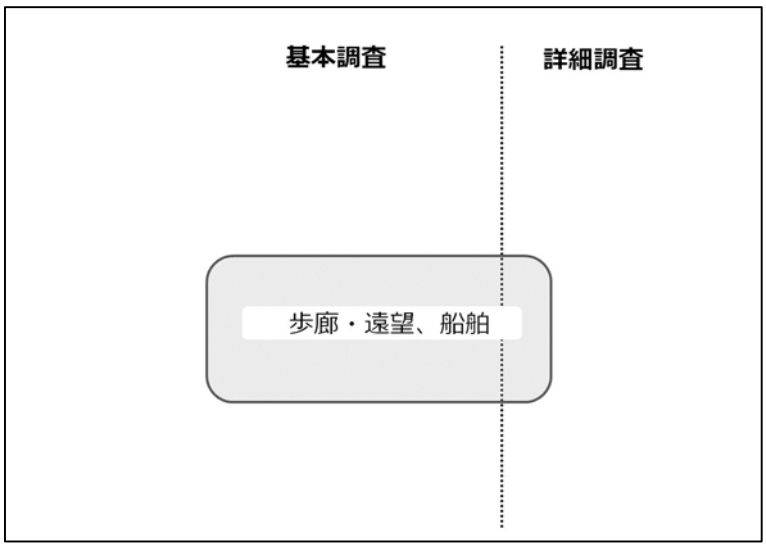


図 3-16 調査範囲のイメージ図

水管橋の点検作業にあたり、「厚生労働省ガイドライン」改定前には基本調査・詳細調査という概念はないものの、従来の点検においても、まずは定性的な損傷状況の把握（＝基本調査）を目的とした歩廊からの目視及び遠望目視を行うことが一般的であると考えられる。なお、パイプビーム形式など小規模な水管橋においては、歩廊からの目視及び遠望目視のみでも全体の基本調査が可能な場合があるが、ここでは主にそれ以外の規模の大きなパイプビーム形式や補剛形式、橋梁添架形式の水管橋をイメージしており、調査可能な範囲は水管橋全体のごく一部に限られる。

今後、法令改正を受けて水管橋全体を点検することが求められるため、まず基本調査を実施する上で、調査範囲を別の手法によって補う必要がある。以下の図は、高所作業車など他の従来手法の調査範囲のイメージである。

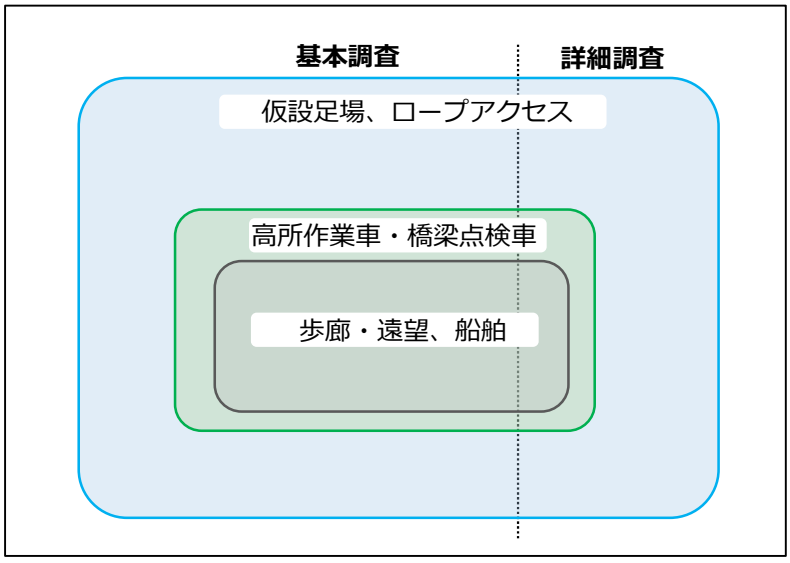


図 3-17 他の従来手法の調査範囲イメージ

他の従来手法によって点検を行う場合、状況により例外もあるものの、概ね水管橋全体の基本調査を実施することが可能であることに加え、いずれの手法も併せて詳細調査まで可能である。ただし、これはどれも作業員が対象に接近して行う手法であり、歩廊等から目視不可である範囲全体で実施すると、時間や費用の面で過大となる可能性がある。過去に、アーチ部等の点検が適切に実施できていなかった場合があるとすれば、このことが要因の一つではないかと考えられる。

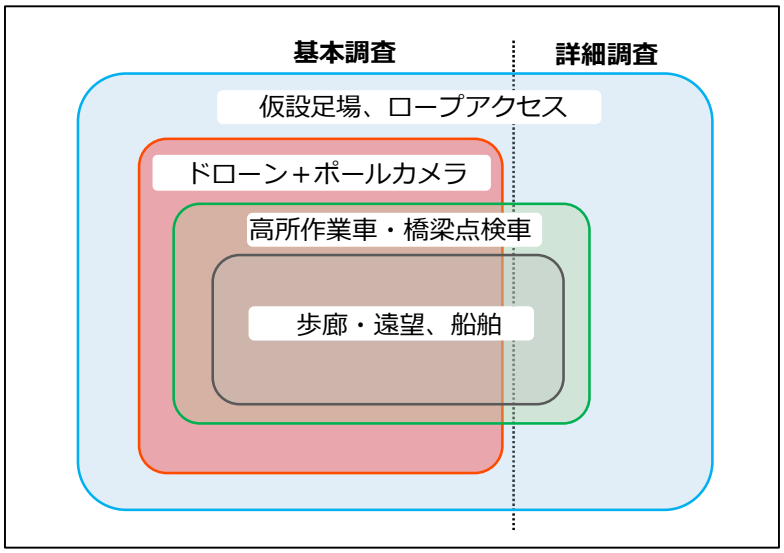


図 3-18 ドローン＋ポールカメラの調査範囲イメージ

一方、ドローンとポールカメラで点検を行う場合、狭隘な箇所など例外はあるものの、基本調査であれば概ね全体を調査することができる。そのため、まずは水管橋全体の基本調査を実施したい場合、ドローンにより短時間で水管橋全体の撮影ができることに加え、車両や仮設が必要ないため、規模の大きな水管橋ほど時間・費用において効率的な手法であり、従来手法にはなかった選択肢としての活用が見込まれる。ただし、詳細調査及び触診・打音調査については一般的ではないため、必要な箇所をピックアップし、別の手法によりピンポイントで実施するという活用方法が想定される。

なお、水管橋の老朽度や過去の調査結果から、当初より詳細調査又は修繕まで実施することを想定している場合や、水管橋の規模、費用比較の結果によっては、従来手法が優位となることも考えられる。必要な点検内容や現場条件から、各事業体において適切な手法を選択する必要がある。

3.2.1 各手法の比較

ドローンを活用した点検手法とその他の点検手法について比較を試みた。以下の表 3-5～表 3-10 は、ドローン等の各点検手法におけるメリットやデメリット等について、表 3-4 に示す比較項目ごとに評価したものである。また、表 3-11 は、それぞれの評価を一つの表にまとめたものである。

なお、本書ではドローンの活用範囲を基本調査に限定して検討しているため、以下の表もすべて基本調査を実施する場合の内容となっている。対象の水管橋は、概ね 20～80m 以内の小～中規模の水管橋を想定しているが、現場状況によってこのとおりにならない場合もあるため留意願いたい。

表 3-4 各手法の比較項目

・調査範囲	・想定費用	・安全性・リスク
・データ利活用	・想定人数	・天候等の影響
・想定時間	・許認可	・必要なヤード

また、比較対象の点検手法は、ドローン、ポールカメラ、歩廊からの目視・遠望目視（船舶含む）、高所作業車・橋梁点検車、ロープアクセス、仮設足場とした。このうち、当プロジェクトでは、ドローン及びポールカメラ以外の手法を従来手法として扱っている。

表 3-5 ドローンによる点検の評価

比較項目	ドローン	
調査範囲	○	・一般にすべての形式で、水管橋全体の調査が可能 ・ドローンで侵入できない程の狭隘箇所については撮影不可 ・触診・打音など直接触れる必要のある調査は一般的ではない。防凍工の取り外しは不可
データ利活用	◎	・水管橋全体を網羅的に撮影でき、健全箇所を含めた経年比較が容易となる ・AIによる診断を実施する場合、網羅的なデータを有効に活用できる ・健全箇所を含めるとデータ容量は大きくなり、納品・保管方法に工夫を要する
想定時間	◎	・現場作業は半日～1日程度、内業に数日程度を見込む （長大橋や特に構造が複雑な補剛形式など撮影箇所が多い場合は規模により増加）
想定費用	○	・長大橋や特に構造が複雑な補剛形式などは、一般に人手による点検より低コストとなる ・小規模な水管橋や構造が単純な水管橋は他の手法との費用比較が必要 ・現場に対応できる機体が限られる場合、コストが高くなる可能性がある
想定人数	○	・操縦者1名と補助者2～4名程度 ・専門性の高い作業員が必要
許認可	×	・各種管理者への申請に加え、ドローンの飛行に関連した法令上の申請が必要 ・飛行範囲内に道路等がある場合は通行止めにする必要がある ・鉄道、高速道路横断の場合、一般に安全上の問題で管理者から飛行許可を得ることが難しい
安全性リスク	○	・作業員の墜落リスクがない ・ドローンの墜落、構造物への接触リスクがある ・周辺住民のプライバシー・騒音のリスクに配慮する必要がある
天候等の影響	△	・河川横断の場合は出水期の影響を受けずに作業することができる ・降雨や降雪、強風等天候の影響を受けやすく、晴天の場合も逆光に注意を要する ・寒冷地及び猛暑日はバッテリーの取り扱いに注意を要する
必要なヤード	○	・ドローン飛行範囲の立入り制限が必要 ・ドローン発着のスペースが必要（機種によっては不要） ・機材運搬車両の駐車スペースが必要

まず、歩廊からの目視・遠望目視と比較したドローンのメリットとして、調査範囲が増えることが挙げられ、これはドローンを導入する最大の優位点である。歩廊からでは死角となる水管橋外側からの視点や、アーチ補剛など高所の部材も調査が容易となる。その際、水管橋全体を比較的短時間で網羅的に撮影ができることもドローンの優位点であり、データ容量は大きくなるものの健全箇所を含めて記録することができ、経年比較が容易になることも特徴である。そのため、

まずは水管橋全体の状態を定性的に把握するスクリーニング調査をしたい場合や、その後の経年劣化を把握するためのデータを取得したい場合などには非常に有用な手法である。

一方、基本調査に含まれる触診・打音については、一般化されていないほか、桁内添架された橋梁添架管など、ドローンが飛行できないほど狭隘な箇所については調査が難しい場合がある。

また、前提としてドローンの飛行許可が必要であり、各種管理者への申請の他、ドローンに関連する法令上の申請が必要となる。水管橋が鉄道や高速道路を横断している場合、安全面での懸念から、一般に管理者から飛行許可を得ることが難しい。

その他、天候の影響を受けやすく、降雨や降雪の他、強風によっても飛行ができなくなるため、業務委託を発注する場合は工期設定に留意が必要である。晴天の場合でも、撮影のアングルによって逆光となると診断が困難になるため、逆光を避けた飛行計画の立案が重要となる。

表 3-6 ポールカメラによる点検の評価

比較項目	ポールカメラ	
調査範囲	△	・橋梁下にアクセス可能な場合など、ポールカメラが届く範囲で調査が可能 ・狭隘な箇所でも比較的点検が容易 ・触診・打音や防凍工の取り外しなど、直接触れる必要のある調査は不可
データ利活用	○	・一般に網羅的な撮影は時間がかかるため、異状箇所のみの撮影が想定される ・健全箇所を含めた経年比較は困難 ・データ容量は比較的小さい
想定時間	○	・現場作業は半日～1日程度、内業に数日程度を見込む （長大橋や特に構造が複雑な補剛形式など撮影箇所が多い場合は規模により増加）
想定費用	◎	・小規模な水管橋や構造が単純な水管橋などは、一般にほかの手法より低コストで実施可能 ・長大橋や特に構造が複雑な補剛形式などは他の手法との費用比較が必要
想定人数	○	・作業員2～3名程度
許認可	◎	・一般に許認可は不要な場合が多い ・鉄道、高速道路横断の場合、立入範囲の制限が想定される
安全性リスク	○	・作業員の墜落リスクは相対的に低い
天候等の影響	○	・作業員の安全が確保できる範囲内の天候で実施可能
必要なヤード	◎	・作業車駐車スペースのみ

ポールカメラによる点検の大きなメリットは、ドローンでの飛行が難しいほどの狭隘箇所も、ロッドを差し込むことで調査が可能な点にある。申請手続きも容易であることが想定されるため、各手法において調査が難しい箇所で、補完的に使用する方法が考えられる。

また、ポールカメラ及び歩廊からの目視・遠望目視のみで水管橋全体が調査可能である場合には、他の点検手法より優位となることが想定される。ただし、触診・打音など直接触れて行う調査は一般的ではない。

表 3-7 歩廊からの目視･遠望目視による点検の評価

比較項目	歩廊からの目視・遠望目視（船舶含む）	
調査範囲	△	・小規模や構造が単純な水管橋の場合、水管橋全体の調査が可能 ・長大橋や特に構造が複雑な補剛形式などは死角が多く、調査範囲は小さい ・直接触れる調査も可能だが、歩廊から届く範囲に限られる
データ利活用	△	・一般に網羅的な撮影は不可であり、健全箇所を含めた経年比較は困難 ・調査範囲が限定されるため、データ容量は小さい
想定時間	◎	・調査は1～2時間程度、内業は数日程度を見込む （長大橋や特に構造が複雑な補剛形式など撮影箇所が多い場合は規模により増加）
想定費用	◎	・一般に作業にかかるコストは低い （船舶の場合、別途コストがかかる）
想定人数	◎	・点検作業員2～3名 （船舶の場合、操縦者1名） ・職員による直営での作業も比較的容易
許認可	○	・一般に許認可は不要な場合が多い ・鉄道、高速道路横断の場合、立入範囲の制限が想定される
安全性リスク	○	・作業員の墜落リスクは相対的に低い
天候等の影響	○	・河川横断の場合は出水期の影響を受けずに作業することができる ・作業員の安全が確保できる範囲内の天候で実施可能 （船舶の場合、出水期や降雨等天候の影響を受ける）
必要なヤード	◎	・作業車駐車スペースのみ

歩廊からの目視・遠望目視は、水管橋点検の一般的な手法として実施されている。河川を横断している場合は、船舶によって水管橋下方向から目視調査を実施することもある。しかし、規模が大きい水管橋や特に複雑な補剛形式などは死角となる部材が多く、水管橋全体を調査できないことが想定される。

一方で、規模が小さなものや形式が単純である場合など、歩廊からの目視や遠望目視によって調査が可能な場合は、許認可や作業性などから、他の手法より優位となる場合も考えられる。

表 3-8 高所作業車･橋梁点検車による点検の評価

比較項目	高所作業車・橋梁点検車	
調査範囲	○	・車両がアクセスできる範囲で、近接目視調査が可能 ・触診・打音や、防凍工の取り外しなど、直接触れる必要のある調査も可能
データ利活用	○	・一般に網羅的な撮影は時間がかかるため、異状箇所のみの撮影が想定される ・健全箇所を含めた経年比較は困難 ・データ容量は比較的小さい
想定時間	○	・調査は半日～1日程度、内業に数日程度を見込む （長大橋や特に構造が複雑な補剛形式など撮影箇所が多い場合は規模により増加）
想定費用	△	・長大橋や特に構造が複雑な補剛形式などは、比較的コストが高くなる ・道路橋への添架管等、車両でのアクセスが容易な場合は費用比較が必要
想定人数	○	・点検作業員2～3名程度 ・別途、交通誘導員を要する
許認可	△	・道路管理者を主とした各種管理者への申請が必要 ・作業時は通行止め（片側交互通行含む）とする必要がある
安全性リスク	○	・作業員の墜落リスクは相対的に低い
天候等の影響	○	・河川横断の場合は出水期の影響を受けずに作業することができる ・作業員の安全が確保できる範囲内の天候で実施可能
必要なヤード	△	・調査範囲の立入り制限が必要 ・道路上に点検車両の駐車スペースが必要

高所作業車・橋梁点検車は、道路橋への添架形式である場合や、水管橋の下側に道路がある場合など、車両でアクセス可能な場合に実施することができる。アーム先端のバケットに人が乗り込んで近接目視を行うものが一般的で、アームが届く範囲であれば触診・打音を含めた基本調査が実施可能であるほか、詳細調査や補修も実施可能である。

一方、人手によって行うため、水管橋の規模が大きくなると点検に係る時間や費用が大きくなることが想定される。

表 3-9 ロープアクセスによる点検の評価

比較項目	ロープアクセス	
調査範囲	○	・ロープワークによりアクセス可能な範囲で調査が可能 ・直接水道管や補剛部材にロープをかける必要がある場合は、老朽度によっては不可 ・触診・打音や、防凍工の取り外しなど、直接触れる必要のある調査も可能
データ利活用	○	・一般に網羅的な撮影は時間がかかるため、異状箇所のみの撮影が想定される ・健全箇所を含めた経年比較は困難 ・データ容量は比較的小さい
想定時間	○	・調査は半日～1日程度、内業に数日程度を見込む （長大橋や特に構造が複雑な補剛形式など撮影箇所が多い場合は規模により増加）
想定費用	○	・足場や車両を使用する場合と比較し、一般に低コストとなる ・他の手法との費用比較が必要
想定人数	○	・点検作業員2～3名程度 ・専門性の高い作業員が必要
許認可	○	・各種管理者への申請が必要
安全性リスク	△	・作業員の墜落リスクは相対的に高い ・ロープにより、既存塗膜を損傷するリスクがある
天候等の影響	○	・河川横断の場合は出水期の影響を受けずに作業することができる ・降雨や降雪、強風等天候の影響を受けやすい
必要なヤード	○	・調査範囲の立入り制限が必要 ・機材運搬車両の駐車スペースが必要

ロープアクセスは、ロープやハーネスといった器具を用いて近接目視を行う方法である。作業員が直接点検対象に近づくため、触診・打音を含む基本調査の他、詳細調査や補修も実施することができる。高所作業車や橋梁点検車などでは届かない高所などにもアクセスすることができるため、汎用性は高い手法であると思われる。ただし、水管橋形式によっては管や部材に直接ロープをかける場合があるため、既存塗膜の保護や安全面への配慮が必要である。

また、人手によって行うため、水管橋の規模が大きくなると点検に係る時間や費用が大きくなることが想定される。

表 3-10 仮設足場を設置した点検の評価

比較項目	仮設足場	
調査範囲	◎	・一般にすべての形式で、水管橋全体の調査が可能 ・触診・打音や、防凍工の取り外しなど、直接触れる必要のある調査も可能
データ利活用	○	・一般に網羅的な撮影は時間がかかるため、異状箇所のみの撮影が想定される ・健全箇所を含めた経年比較は困難 ・データ容量は比較的小さい
想定時間	×	・調査は半日～1日程度、内業に数日程度を見込む （長大橋や特に構造が複雑な補剛形式など撮影箇所が多い場合は規模により増加） ・別途、仮設足場の設置撤去に数日を見込む
想定費用	×	・仮設足場の設置撤去のため、一般にコストは高くなる
想定人数	△	・点検作業員2～3名程度 ・別途、仮設足場の設置撤去のため、作業員数名を要する
許認可	×	・仮設足場設置に各種管理者の承認が必要 ・鉄道、高速道路横断の場合、一般に安全上の問題で管理者から許可を得ることが難しい
安全性リスク	○	・作業員の墜落リスクは相対的に低い
天候等の影響	○	・出水期を避けた工期が求められる ・作業員の安全が確保できる範囲内の天候で実施可能
必要なヤード	×	・足場設置撤去時の立入り制限が必要 ・足場材保管のための資材置場が必要 ・資材積み下ろし車両の等の駐車スペース

仮設足場を組む場合、基本的にすべての部材において、触診・打音を含む基本調査のほか、詳細調査や修繕工事を実施することができる。ただし、仮設足場は費用が大きくなる傾向にあるため、点検のみを実施する場合は過大な手法となる可能性がある。そのため、例えば塗替え塗装等の修繕工事で同時期に仮設足場を設置する際に、点検も併せて実施するというケースが一般的であると思われる。足場設置撤去に係る時間や費用等を考慮しなければ最も点検範囲の広い手法であるため、塗替え塗装等修繕工事のタイミングを点検の周期に合わせ、他の手法と交互に実施するなどの活用方法が有効と考えられる。

表 3-11 各手法による点検の評価まとめ

比較項目	ドローン	ポールカメラ	歩廊からの目視・遠望目視（船舶含む）	高所作業車・橋梁点検車	ロープアクセス	仮設足場
調査範囲	○	○	△	○	○	◎
データ利活用	◎	○	△	○	○	○
想定時間	◎	○	◎	○	○	×
想定費用	○	◎	◎	△	○	×
想定人数	○	○	◎	○	○	△
許認可	×	◎	○	△	○	×
安全性リスク	○	○	○	○	△	○
天候等の影響	△	○	○	○	○	○
必要なヤード	○	◎	◎	△	○	×

以上のことから、水管橋の点検にあたっては、各手法の特徴等を踏まえた活用場面を想定し、適切な手法を選択することが重要である。各事業体で管理する水管橋の状況や数などを考慮して柔軟に手法を選択するのが良い。

3.2.2 点検可能箇所

次の表は、以上の内容を総合して、各水管橋形式において適切と考えられる手法を簡単に分類して示したものである。なお、触診・打音は基本調査に分類されるが、ドローンでできることとそれ以外という観点で表を分けており、触診・打音は詳細調査と同じ表にまとめている。

また、従来手法として、目視、仮設足場の他に橋梁点検車とロープアクセスを追加している。それぞれ、橋梁点検車は道路橋の桁下に添架された橋梁添架管の調査を、ロープアクセスはすべての水管橋で仮設足場を組まずに接近して調査を行うことができる手法を想定している。ロープアクセスと足場を比較すると、調査可能な形式には差がないが、仮設足場は調査後の補修をそのまま行うことができる点で異なるものとして扱っている。

表 3-12　各水管橋形式において適切と考えられる点検手法

手法 / 形式	ドローン	ポールカメラ	近接・遠望目視（船舶含む）	高所作業車・橋梁点検車	ロープアクセス	仮設足場
パイプビーム	○	○	△	○	○	○
フランジ補剛	○	○	△	○	○	○
トラス補剛	○	○	△	○	○	○
アーチ補剛	○	△	△	△	○	○
斜張橋	○	△	△	△	○	○
橋梁添架（桁外添架）	○	○	△ ※船舶	○	○	○
橋梁添架（桁内添架）	△	○	△ ※船舶	○	○	○

ここでの橋梁添架管は桁下の桁内添架形式を想定している。ドローンの場合、入っていけないほど狭隘な箇所のほか、直接触れなければわからない微小なボルトのゆるみなどは確認することができない。ただし、これは目視でも同様であるため、当該表では表現されていないが、ドローンによって今まで死角となっていた部分も確認できるようになる点についても考慮が必要である。

また、前述のとおり仮設足場を組めば基本的にすべての部材を確認できると考えられるため、塗替え塗装工事のタイミングなどを考慮に入れ、点検計画を立案する。

以下の表は、「厚生労働省ガイドライン」に掲載されている水管橋の上部工及び下部工における形式別・部材別の点検項目であり、ドローンによる触診・打音を除いた基本調査が可能かどうかという観点でコメントを付した。

表-3.5.7　水管橋等の形式別・部材別の点検項目（上部工）（例）

分類	部材等	点検項目	水管橋形式		
			パイプビーム形式	補剛形式	橋梁添架管
上部工	水道管	漏水	●	●	●
		腐食			
		変形・破損			
		防食機能の劣化			
	補剛材（鋼材・ケーブル）（トラス弦材、アーチ材、吊材）	腐食	—	●	—
		亀裂、破断			
		ボルトのゆるみ・脱落			
		部材の変形・破損			
		防食機能の劣化			
		ケーブル張力の異常			
	支承部	支承の機能障害	●	●	●
		アンカーボルトの変形・腐食			
		支承の腐食及び変形・破損			
	支持金物	腐食（アンカー含む）	—	—	●
		亀裂、破断			
		ボルトのゆるみ・脱落			
		部材の変形・破損			
		防食機能の劣化			
	伸縮可とう管	漏水	●	●	●
		ボルト・部材の腐食			
		ボルトのゆるみ・脱落			
		伸縮代（変位）			
		部材の変形・破損			
		防食機能の劣化			
	落橋防止装置	機能障害	●	●	●
		部材の腐食及び変形・破損			
		防食機能の劣化			
	空気弁	漏水	●	●	●
		腐食			
		変形・破損			
		ボルトのゆるみ・脱落			
		断熱材の損傷			
		防食機能の劣化			
	点検歩廊	腐食	●	●	—
		部材の変形・破損			
		防食機能の劣化			
	防凍工	外装材の損傷	●	●	●
	リングサポート サドルサポート	腐食及び変形・破損	●	●	●
		防食機能の劣化			
管理用地	管理用地 進入防止柵	フェンスの変形・破損・劣化（腐食、防食機能の劣化等）	●	●	●
		無断使用、不法投棄等			

【凡例】 ● ： 点検対象

図 3-19　水管橋の形式別・部材別の点検項目（上部工）

出典：水道施設の点検を含む維持・修繕 の実施に関するガイドライン（厚生労働省）

表-3.5.8　水管橋等の形式別・部材別の点検項目（下部工）（例）

分類	部材等		点検項目	構造形式			
				橋台		橋脚	水道管防護工
				RC 構造	無筋構造	RC 構造	
下部工	躯　体	躯体（鉄筋）	鉄筋腐食（中性化、塩害等）	●	—	●	—
		躯体（コンクリート）	ひび割れ	●	●	●	●
			初期欠陥				
			ASR				
			凍害				
			その他の経年劣化				
		全　体	変位（沈下・傾斜）、変形	●	●	●	●
			洗堀　等				
	支承部	沓座面	アンカーボルト周辺のコンクリートの変状（ひび割れ、欠損等）	●	●	●	—
		調整モルタル	モルタルの変状（ひび割れ、欠損、隙間等）	●	●	●	—

【凡例】 ● ： 点検対象

図 3-20　水管橋の点検項目（下部工）

出典：水道施設の点検を含む維持・修繕 の実施に関するガイドライン（厚生労働省）

上部工については、触診ができない事によって、ボルトの微小なゆるみなど確認できない箇所があるものの、基本調査としてはほぼ全部材を確認可能と考えられる。

なお、水道管に防凍工が施されている場合については、外面からの目視や触診によって内部の水道管の状況を把握することは困難であることから、一般的にドローン以外の手法によっても調査が困難であることに留意する。

また、下部工においても、ドローンによる触診や打音および微小な変位や変形の把握は一般化されていないが、基本調査となる躯体の損傷・劣化の状況などは確認可能と考えらえる。

3.2.3 点検手法の選択

これらの表をもとに、点検手法の検討にあたってのフローチャートを以下に示す。なお、簡略化のため細かなケースについては省略しているが、例えばドローンであっても入っていけない狭隘な箇所がある場合など、ドローンのみでは調査を完結できない場合も考えられる。その場合は、初めからドローンを選考外とするのでなく、他の手法を組み合わせることで補完することができないか、費用等を総合的に比較して考えることが推奨される。逆に、パイプビームや小規模な水管橋で、歩廊や周辺からの目視によって十分に調査が可能な場合については、従来の手法のまま調査を行うなどして、管理する水管橋全体を通しての現実的な点検計画を立案することが望ましい。

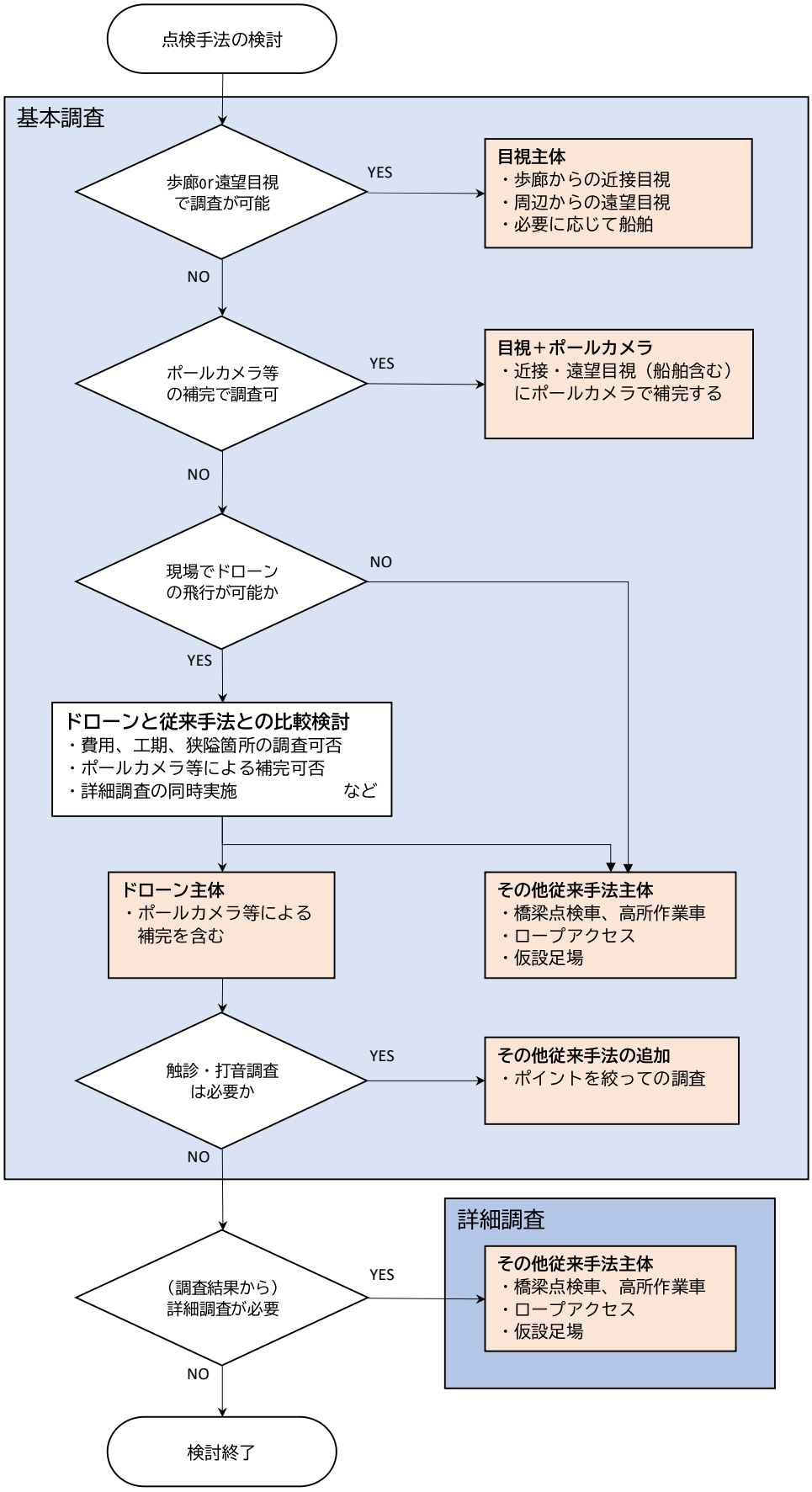


図 3-21　点検手法検討のフローチャート（例）

ドローンは、従来の点検手法では確認することが困難であった水管橋全体の調査を短時間で実施することができることに優位点がある一方で、触診・打音や詳細調査が一般的ではない事がデメリットとして挙げられる。それらのことから、ドローンの有効的な活用方法の一つとして、スクリーニング調査への活用が考えられる。水管橋の点検を実施する場合、まずは損傷状況を定性的に把握する基本調査を行うことになるが、従来行われている歩廊等からの目視では調査可能な範囲が限られ、また、ロープアクセスや仮設足場による近接目視等の手法は詳細調査や修繕まで実施できるメリットがあるものの、人手で行うため日数を要し、実際の損傷具合によっては過大な調査ともなりうる。そのため、水管橋全体の状況を短期間で把握する方法として、ドローンは非常に有用であると考えられる。ドローンでも確認できない箇所や項目がある場合や、必要に応じて触診・打音や詳細調査を実施したい場合においても、スクリーニングによってそれらの箇所を絞りこんでおけば、ピンポイントで適切な手法による調査を選択することができる。併せて、スクリーニングの際に AI を活用することで、作業時間の大幅な削減も見込むことができると考えられる。

また、健全部を含めた水管橋全体の状況を把握できるため、経年の比較が容易になることも大きなメリットと言える。データ容量という課題があるものの、毎回の定期点検ごとの実施でなくとも定期的に経年変化を確認することで、損傷等の進行状況や傾向の把握という活用もできると考えられる。

以上のことから、現状、ドローンによってすべての調査が可能になるものではないが、状況に応じて他の新技術や、場合によっては従来手法と組み合わせることもできるため、各水道事業体の状況における有効性を検討したうえで、点検手法の一つとして活用してもらいたい。

3.3 ドローン点検の委託発注における留意事項

3.3.1 ドローン点検に伴う想定成果品容量（参考）

次に、これらドローンで取得したデータを、どのように成果品として残すかという点について検討する。水道法施行規則の改正によって、各事業体は点検記録及び修繕記録のデータによる保管が義務付けられたところであり、これはどの点検手法であっても同様の対応が必要となる。ドローンを活用する上で、取得したデータをどのように保管するかということは、データ容量の点で非常に重要であると言える。

以下の表は、それら実証実験における動画撮影データの容量の一例であり、いずれも 4K 画質で上部工のみ撮影した場合の容量となっている。なお、ローゼ補剛形式では実証実験時間の関係で、箇所を絞って撮影を行ったため、全体を撮影した場合を想定したデータ容量としている。

表 3-13　実証実験における動画撮影データの容量（例）

水管橋形式	橋長	口径	動画時間	データ容量
パイプビーム形式	86.3m	700 ㎜×1 条	約 80 分	約 60GB
ローゼ補剛形式	1100.95m	1200 ㎜×2 条	約 720 分	約 430GB

上部工の動画データ全体の容量であるため、あくまで動画データをすべて保管する場合という想定の数字ではあるが、1 橋あたりのデータ容量は非常に大きい。点検対象が複数橋あり、5 年毎にデータを蓄積していくことを考えると、この状態のまま保管することはデータ容量の面から困難であると考えられる。一方で、ドローン活用による他のメリットの一つに、健全箇所を含めた画像を残すことで経年変化を比較できることがあり、このメリットを生かすためには動画・写真データを可能な限り残すことが推奨される。そのため、各事業体で保存可能なデータ容量などからどのような状態でデータを保管するかをあらかじめ検討し、納入する成果物の仕様を定めておく必要がある。

(1) 動画データで保管する場合

点検データを動画で保管する場合、動画の容量をなるべく削減する方法を検討する必要がある。ただし、データ容量の削減は基本的に画質の低下を伴うため、どの程度までであれば判定に耐えうるかという観点で検討を行った。

最も簡単にデータ容量を削減する方法として、4K で撮影した動画をフルハイビジョン（以下、フル HD という）に変換する方法が考えられる。以下の表は、実証実験で撮影した 4K 動画及びフル HD それぞれで撮影した際のデータ容量等の違いをまとめたものである。

	4K映像	Full HD映像
フライトNo.	②（カット処理）	⑦
撮影対象	水管　上流側側面	
対象物との距離	約3m	
時間	約6分30秒	
解像度	3840x2160	1920x1080
フレームレート	30FPS（30フレーム/秒）	
ビットレート	100Mbps （Skydio 2+ 自動設定）	60Mbps （Skydio 2+ 自動設定）
コーデック	H.264 AVC	H.264 AVC
ファイルサイズ	4.56GB	2.70GB

図 3-22　4K 動画をフル HD に変換した際のデータ容量等の違い

提供：Aqua-Bridge プロジェクト参加企業

元の動画データによって圧縮率は異なるが、今回使用した動画データの場合は約 60%程度の圧縮につながっていることがわかる。また、以下の写真は、先の動画データからスクリーンショットによって 1 フレームを抜き取った画像である。

[4K映像]

[FullHD映像]

図 3-23　4K 映像とフル HD 映像の画質の違い

提供：Aqua-Bridge プロジェクト参加企業

フル HD 映像では塗装割れの境界が若干ぼやけるなどの違いがある。この比較から、損傷状況の定性的な把握を目的とした基本調査であれば、フル HD であっても問題はないと思われる。

動画データ容量を削減する別の方法として、フォーマット形式（①ビットレート、②コーデック）を変更するという方法が考えられる。まず、①ビットレートとは 1 秒間あたりのデータ容量のことで、単位は bps を用いる。以下の表は、先にも使用した 4K 動画をオリジナルとし、ビットレートを変更した場合のデータ容量の比較である。

	4K映像（オリジナル）	4K映像（50Mbps）	4K映像（10Mbps）	4K映像（5Mbps）
フライトNo.	②			
撮影対象	水管 上流側側面			
対象物との距離	約3m			
時間	約6分30秒			
解像度	3840x2160			
フレームレート	30FPS（30フレーム/秒）			
ビットレート	100Mbps （Skydio 2+ 自動設定）	50Mbps	10Mbps	5Mbps
コーデック	H.264 AVC			
ファイルサイズ	4.56GB	2.24GB	474MB	237MB
圧縮（エンコード）作業時間	-	約10分	約8分	約8分

図 3-24　ビットレートを変更した場合のデータ容量の比較

提供：Aqua-Bridge プロジェクト参加企業

ビットレートを低減した場合、概ねその倍率どおりデータ容量が圧縮されていることが確認できる。以下の画像はそれぞれの動画データからスクリーンショットによって 1 フレームを抜き取った画像である。

図 3-25　ビットレートを低減した場合の画質の違い

提供：Aqua-Bridge プロジェクト参加企業

オリジナルとビットレートが最小の 5 Mbps のものとを比較するとわかりやすいが、塗装割れ等の輪郭等がぼやけていることがわかる。明確な基準はないため、実証実験に参加した管メーカー等の企業を交えて検討したところ、50 Mbps の画像であれば損傷状況の診断は問題なくできるという結果であった。

次に、②コーデックとは、動画をエンコードする際のプログラムのことである。以下の表は、先に検討した各ビットレートの動画それぞれにおいて、コーデックの方法を変更した際の比較である。オリジナルの 4K 動画は H.264AVC を使用してエンコードを行っており、これと H.265HEVC というコーデック形式を比較している。

	4K映像（オリジナル）	4K映像（10Mbps①）	4K映像（10Mbps②）	4K映像（5Mbps①）	4K映像（5Mbps②）
フライトNo.	②				
撮影対象	水管 上流側側面				
対象物との距離	約3m				
時間	約6分30秒				
解像度	3840×2160				
フレームレート	30FPS（30フレーム/秒）				
ビットレート	100Mbps（Skydio 2+ 自動設定）	10Mbps	10Mbps	5Mbps	5Mbps
コーデック	H.264 AVC		H.265 HEVC	H.264 AVC	H.265 HEVC
ファイルサイズ	4.56GB	474MB	468MB	237MB	237MB
圧縮（エンコード）作業時間	-	約8分	約22分30秒	約8分	約20分30秒

図 3-26　コーデックの方法を変更した場合の比較

提供：Aqua-Bridge プロジェクト参加企業

コーデック形式を変更した場合、データ容量は変わらないが画質に影響を与える結果となった。以下の写真は先の検討で、画像による診断が難しいとしたビットレート 10 Mbps の写真について、コーデック形式を変えて比較した画像である。

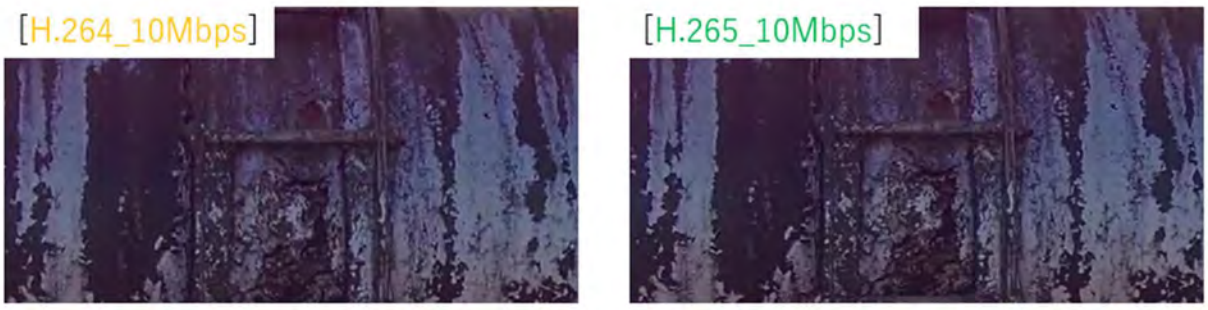


図 3-27　コーデックの方法を変更した場合の画質の違い

提供：Aqua-Bridge プロジェクト参加企業

左側が H.264AVC、右側が H.265HEVC の動画それぞれからスクリーンショットによって 1 フレームを抜き取った画像である。画像ではわかりにくいが、H.264AVC の動画を再生した際、オリジナルと比較してブロックノイズが多く発生しており画質劣化がみられるが、H.265HEVC の動画ではブロックノイズが軽減され、動画再生時のチラつきも低減された。実証実験のグループで検討したところ、診断は可能であるという結果となった。なお、5 Mbps の場合も同様に比較したところ、H.265HEVC とした場合、画質の向上がみられたものの、診断に使用するのは難しいという結果であった。ただし、H.265HEVC 形式とした場合はエンコードにかかる時間が大幅に増となること、また比較的高性能の PC が必要になることに留意する必要がある。

以上より、フォーマット形式を変更した場合の推奨値は以下のとおりである。

表 3-14　推奨する解像度とフォーマット形式

解像度	4K（またはそれ以上）
フォーマット	・ビットレート 50Mbps 以上（H.264AVC の場合） ・ビットレート 10Mbps 以上（H.265HEVC の場合）

なお、解像度設定についても撮影後に変換することができるため、撮影時には 4K など使用機体で可能な最大解像度で撮影することを推奨する。

また、動画で保存する場合、どの位置を撮影していたファイルなのかわからなくなることを防ぐため、動画ファイルの名前は撮影した径間や部材がわかるよう名称を入れるほか、撮影ルート図を別途作成し、動画ファイル名と紐づけるといった対策をすると良い。

(2) 写真データで保管する場合

点検データを写真で保管する場合、写真の枚数が非常に多くなるため、保管方法が重要になる。ドローンによる写真の撮影方法は、現場で初めから写真を撮影する方法と、現場では動画を撮影し、後からスクリーンショット等により写真データにする方法の 2 通りある。これらの方法の大きな違いとして、写真であれば位置情報を付加できるという点があり、位置情報を持った写真データであれば、地図データとの組み合わせが容易になるなどメリットがある。位置情報を持たせるかどうかは、現地での撮影の段階で決まってしまうため、将来的な活用方法に応じて、仕様書であらかじめ指定しておくことが望ましい。

ドローンを活用した場合、水管橋全体を網羅的に撮影することがメリットの一つであるため、これらのデータを全て残す場合について検討する。写真データで残す場合、水管橋の規模が大きいほど、どの部材のどの箇所を撮影したものなのか分かりにくいという問題がある。そのため、水管橋の全体図と個別の写真を紐づけた管理が必要となる。その一例として、オルソモザイク画像によって管理する方法がある。オルソモザイク画像とは、複数の画像を 1 枚の画像に合成する処理方法であり、画像のどの位置を見ても真正面からの視点で見えるよう正射変換という処理を

行う。身近なところでは航空写真などに用いられる。以下の図は、オルソモザイク画像作成のプロセスを簡略に説明したものである。

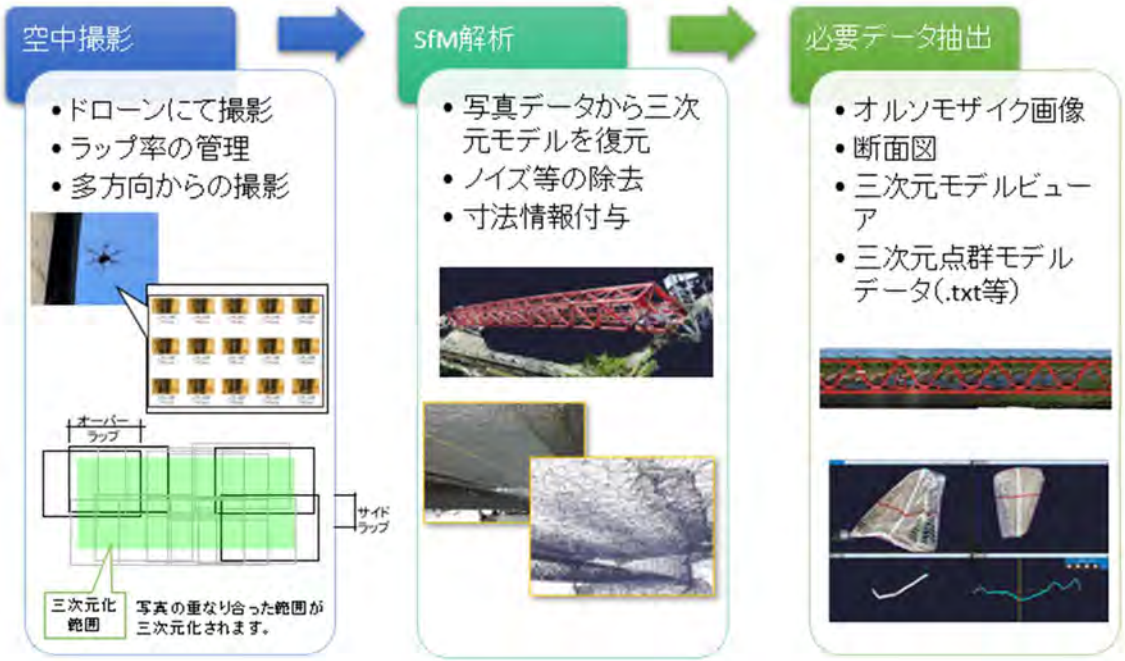


図 3-28　オルソモザイク画像作成のプロセス

提供:Aqua-Bridge プロジェクト参加企業

水管橋はその構造上一方向に長さのある部材が多く、図のように各写真データでは細切れになってしまうが、オルソモザイク画像にすることで 1 枚の画像で管理することができ、損傷状況の全体像の把握が容易になる。また、合成後も合成前の写真の精度が保たれるため、拡大すれば細部の損傷等も確認することができる点もメリットと言える。一方で、注意点として、オルソモザイク画像を作成する場合、一般的に隣り合う写真を縦横それぞれ 70%～90%程度ラップさせて撮影しなければならない。そのため、現地で写真撮影を行う場合は、オルソモザイク画像を作成する想定でのルートや写真枚数を計画する必要があるため、発注時は仕様書等であらかじめ指定しておくと良い。また、拡大時の精度が保たれることから分かるとおり、オルソモザイク画像にすることで、必ずしもデータ容量の圧縮につながるわけではないという点にも留意が必要である。

なお、各事業体におけるサーバ容量に余裕が無い場合は、従前のとおり損傷のある箇所のみ写真を残す方法とすることもやむを得ないと思われる。その場合は、損傷箇所図に損傷写真データを紐づけるなど、写真箇所の把握ができるような成果物とし、経年比較が容易となるよう工夫が必要である。

また、以上の写真データをマッピングシステム等のアプリに紐づけて管理することもデータの有効的な保管方法の一つである。以下の図では施工管理ソフトを例に挙げるが、地図データに写真データを紐づけることで、損傷箇所の把握が容易となる。注意点として、位置情報を持った写真データでなければ紐づけが難しいため、動画からのスクリーンショットではなく、現地では写真撮影によるデータ取得を行う必要がある。

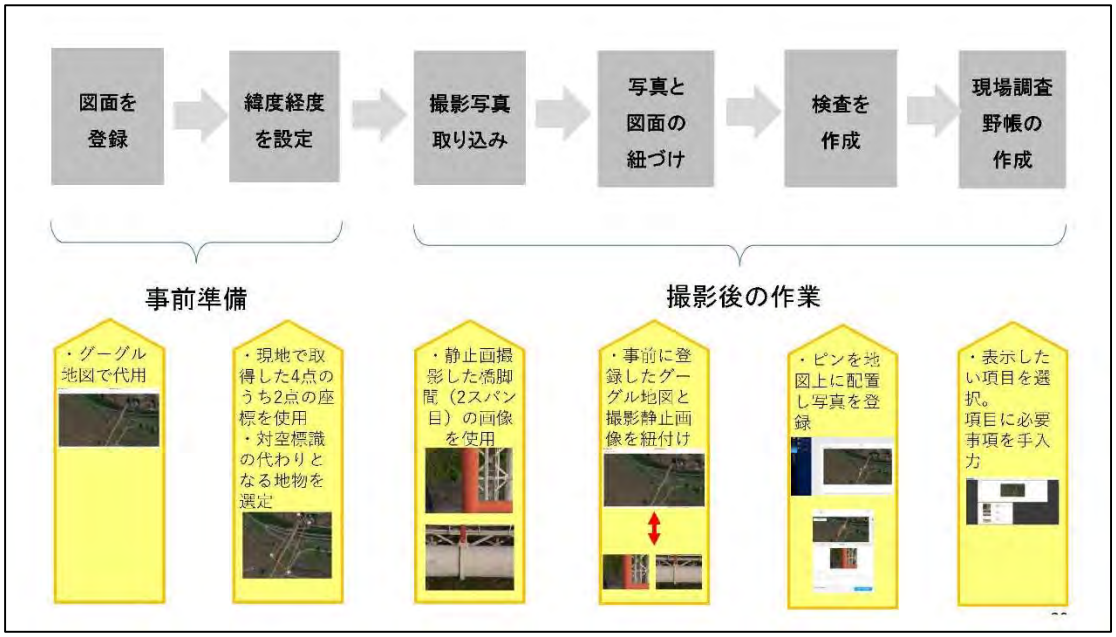


図 3-29　施工管理アプリ

提供：Aqua-Bridge プロジェクト参加企業

3.3.2 ドローン点検に伴う想定時間及び想定費用（参考）

ドローンの導入を検討するうえで関心が高いのは、費用や時間がどの程度かかるのかということであると推察される。特に費用について、ドローンを活用した水管橋点検には歩掛や単価がなく、費用や時間は点検対象の水管橋の現場条件により大きく異なる。そのため、このプロジェクトでは参加企業の協力を得て、幅を持った費用及び時間を提示することとした。ただし、これらの数字はあくまで規模感を把握するための参考値として扱っていただきたい。

なお、このプロジェクトでは歩掛や単価の提示は行わない。

一般的に、ドローンによる点検の費用の増減に大きく影響するのは、作業時間に伴う人工及び使用する機種ごとの損料であるといえる。橋長が長くなり、形式が複雑になるほど撮影箇所や飛行時間が長くなるため、費用も増加する。さらに、求める成果品内容についても、例えば損傷箇所のみの写真を求める場合と比べ、オルソモザイク画像を作成する場合は撮影箇所を増やす必要があることから、現場での外業時間と成果品作成の内業時間の工数がともに増え、費用増となる。

また、ドローンの操縦者は 1 名だが、水管橋点検の場合、操縦者を安全面で補助する役割を担う補助者が数名必要になる。どのような場面で補助者が必要であるかは、5 章で後述する。その他、通行者等の誘導に携わる人員が別途必要になるケースも考えられる。

以下の表に、代表的な形式の点検に係る想定時間及び費用をまとめている。ただし、ドローンによる水管橋点検の標準歩掛は現状存在しない。そのため、ここで示す金額についても想定する条件のもと、ある程度幅を持った金額を示したものである。必ずしもこの範囲に収まるわけではないことには十分留意した上で、あくまでも大まかな規模感をつかむための参考額として取り扱うこと。時間についても同様であり、求める成果品によって工数が増える事に注意し、余裕を持った工期を設定すること。

表 3-15　点検に係る想定時間

水管橋形式	規模	径間数	概算外業時間
トラス補剛形式	50m～100m	1～2 径間	0.5～1 日
トラス補剛形式	100m～200m	3～4 径間	1～2 日
アーチ補剛形式	400m～500m	7～8 径間	4～5 日
橋梁添架形式（桁外）	200m～300m	7～9 径間	1～2 日

表 3-16　点検に係る想定費用

水管橋形式	規模	径間数	概算費用
トラス補剛形式	50m～100m	1～2 径間	300,000～500,000 円
トラス補剛形式	100m～200m	3～4 径間	800,000～1,000,000 円
アーチ補剛形式	400m～500m	7～8 径間	1,500,000～2,000,000 円
橋梁添架形式（桁外）	200m～300m	7～9 径間	300,000～500,000 円

なお、上記の想定条件としては以下のとおりである。

・概算外業時間は水管橋全体の動画を撮影するのにかかる時間とし、準備・撤収は別途
・動画のスクリーンショットから写真を取得し、成果品は損傷箇所写真帳及び損傷箇所図
・診断は行わない
・体制は、操縦者 1 名、補助者 2 名（撮影補助、目視外飛行の監視）の計 3 名
・安全対策費及び移動に係る費用、経費は別途

3.3.3 委託発注

水管橋の点検にドローンを活用する場合、当プロジェクトでは基本的に委託業務により実施することを想定している。ドローンの操作には専門的な技能が求められるほか、取得した画像処理やデータ整理などが煩雑となるため、一般として委託業務によるメリットが大きいと考えられる。委託発注にあたり、あらかじめ決めておくべきと思われるものは以下のとおり。

（1）必要な成果品
（2）成果品の納入方法
（3）調査範囲

なお、委託発注においても、ドローン点検に現地立会いすることで、ドローンによる映像をリアルタイムで確認でき、現場での劣化状況の把握や記録作成なども可能となる。

(1) 必要な成果品

まず、成果品として静止画または動画のどちらかを中心としたものが考えられるが、容量や比較のしやすさなどから、一般的には静止画を中心とした成果品とし、必要に応じて動画を求めるのが通常と考えられる。動画とする場合は先述のとおり、どの位置を撮影していたものか分からなくならないよう撮影ルート図を別途作成することが推奨される。

静止画で納入する場合、まず損傷箇所の写真帳及び損傷箇所図が最低限必要な成果品として考えられる。これらは従来手法での点検の場合も同様であるため説明は不要と思われるが、診断やその後の修繕を実施する際の根拠資料となるものである。

ドローンの場合、健全部を含め網羅的に撮影したデータを取得することが可能である。経年比較や AI の活用を考慮すると、将来的に非常に有用なデータとなることが予想されるため、ドローンで点検を実施した場合には、健全部を含めた撮影データを納入させることが推奨される。ただし、データ容量は大きくなるため、事業体ごとに必要性を検討する必要がある。ただし、網羅的なデータを成果品とする場合は、オルソモザイク画像の作成やマッピングシステム等アプリと紐づけるなど、管理が容易な状態で納入させることが望ましい。

(2) 成果品の納入方法

多くの事業体で、データで成果品を納入させる場合にその提出方法（媒体）に制限があることが多い。代表的なものとして、USB フラッシュメモリやハードディスクによる納入が禁止されており、DVD-R 等のディスクで納入させることが一般的と思われる。求める成果品によっては、複数枚のディスクとなることが想定されるため、点検が必要な水管橋数などを考慮し、データ容量を抑える工夫や容量の大きなディスクを読み込むことができる設備を導入することが求められる。

(3) 調査範囲

例えば、歩廊から目視できる範囲は別途直営で調査を行い、ドローンで調査する範囲を最低限にすることで、データ容量を抑えることができる。また、事前の調査により飛行許可の関係上、

水管橋の一部でドローンによる調査が実施できない箇所があることが判明している場合は、同様にドローンで調査する範囲を記載しておくとよい。

3.3.4 委託仕様書（例）

前項の内容等を踏まえ、ドローンを活用した水管橋点検を委託発注する際の仕様書（例）を作成したので、事業体でドローンを導入する場合の参考としてほしい。ただし、現場状況や求める成果品などはそれぞれの事業体で異なるため、記載事項は一般的な内容にとどめている。各事業体の状況に合わせ、必要事項を検討・加筆した上で使用すること。

委託仕様書（例）

水管橋等無人航空機（ドローン）点検業務仕様書

（一般事項）

（１）受託者は、点検の対象となる水管橋について事前に竣工図面等で構造を確認し、水管橋ごとの点検内容や点検方針を業務計画書として取りまとめ、監督職員の確認を得た上で点検作業に着手する。

（２）受託者は、事前に図面等で作業箇所の周辺状況を把握し、作業に必要な図面を携帯する。

（３）点検作業にあたっては、作業環境の安全確保並びに安全装備を実施し、水道施設に対し損傷を与えないよう十分留意する。

（４）受託者は点検作業にあたり、河川区域や公園等における土地を一時的に使用する場合は、監督職員と協議するとともに、当該管理者の指示に従う。

（５）作業にあたり、河川及び河川構造物、道路構造物及びその他の工作物を汚損しないよう注意し、汚損させた場合は、作業終了後、洗浄・清掃する。

（６）作業終了後は、速やかに仕様機器、仮設物等を撤去し、作業場所の清掃を実施する。

（７）受託者は、点検作業中異常を発見し、それが水道施設及び交通、付近住民に危害を及ぼす可能性があるなど、緊急な対応が必要と考えられる場合は、直ちに監督職員に連絡し、その指示を受ける。

（８）受託者が、監督職員の指示に反して作業を続行しようとした場合、及び監督職員が事故防止上危険と判断した場合は、作業の一時中止を命じることがある。

（業務内容）

（１）業務計画書

受託者は、事前に次の事項を記載した業務計画書を提出する。

①点検対象水管橋の状況整理（形式、管種、口径、建設年度、空気弁・伸縮可とう管等の付属設備の状況、下部工構造、支持金物等の状況等）

②現場組織（職務分担、緊急連絡体制等）

③水管橋点検作業業務計画（点検対象設備に対する点検項目、方法及び方針等）

④安全計画（保安対策、道路交通の処理方法等）

（２）使用機材

受託者は、使用する機材を常に点検し、十分な整備をしておく。

（３）業務時間

受託者は業務の実施にあたり、関係機関等から作業期間や時間帯について条件が付された場合には、当該許可条件を厳守する。

（４）水管橋等点検

無人航空機（ドローン）及び目視又はこれと同等以上の方法、その他必要に応じて触診などにより、表１の点検を行う。

表１　水管橋等点検の点検項目

分　類	部材等	点検項目
上部工 主構部	管体、トラス弦材、横構、アーチ材、吊材、橋門構等	漏水の有無
		外面塗装の状況（剥離、発錆）
		変形の有無及び腐食
上部工 付属設備	空気弁、伸縮管	漏水の有無
		外面塗装の状況（剥離、発錆）
		変形の有無及び腐食
		空気弁断熱材の損傷
		伸縮管の変位状況
	リングサポート、サドルサポート、添架支持金物、落橋防止構造、歩廊、進入防止柵等	外面塗装の状況（剥離、発錆）
		変形の有無及び腐食
	支承	支承機能の確認（スライド状況）
		変形の有無及び腐食
		アンカーボルトの変形及び腐食
		調整モルタルの状況（割れ、隙間）
		沓座面のコンクリートの状況
下部工	橋台	コンクリートのひび割れ、鉄筋の露出
		沈下の有無
	橋脚・防衝杭	コンクリートのひび割れ、鉄筋の露出
		傾きの有無
		外面塗装の状況（剥離、発錆）
管理用地	管路用地	フェンス、無断使用、不法投棄等

（５）水管橋等点検業務における留意点

①管体については、管継手部や伸縮可とう管部分、また、空気弁部分等からの漏水の有無を確認するとともに、塗装の剥離状況や腐食状況等を確認する。特に、海水の飛散など塩害の影響を受ける水管橋については注意する。

②添架形式の水管橋は、所領の振動影響を受けていることから、支持金具の状態も可能な限り点検する。

③独立水管橋においては、橋台、橋脚の傾きや不同沈下、ひび割れや鉄筋腐食、塗装の剥離、その他異常等の有無について確認する。

④橋台部等に、管路用地を有する水管橋の点検においては、管路用地フェンスや防護棚等の状況、また、不法投棄やその他異常の有無について確認する。

⑤その他、対象水管橋の設置環境が特殊であれば、その特徴を記載する（例：桁下や狭隘部など）。

（６）無人航空機（ドローン）性能

①GPS ありなし　・・・例示

②安全機能　　・・・例示

③セキュリティ　・・・インターネットを介して飛行記録、撮影データ等の漏洩、飛行中のハッキングの危険性がない機体を選定すること。
④搭載可能カメラ・・・
(1)静止画解像度：XXX×XXX ピクセル（XXX 万画素）以上
(2)動画解像度/フレームレート：●K(XXX×XXX/fps）以上
⑤遵守法令　　・・・例示

（成果品）
（１）受託者は、点検結果について報告書を作成し、提出する。
（２）提出する成果は次のとおりとする。
①業務報告書（状況報告・作業日報含む）
②点検状況写真・・・例示
③その他監督職員の指示するもの
（３）成果品は電子媒体で提出すること。

参考:「水道施設維持管理等業務委託積算要領案－管路等維持管理業務編」(日本水道協会)

3.4 今後の展望（事業体の希望・要望）

今回のプロジェクトを通して得られた知見から、今後の展望についてまとめる。

第 1 章では、水管橋点検等における事業体の抱える課題に関するプロジェクト参加事業体からのアンケート結果を掲載している。当該アンケートの中で、プロジェクト参加事業体から「水管橋点検等へドローンを導入する上での要望・提案等（どのようなことができればよいか、データをどのように活用したいか)」について、回答を得ている。

なお、回答は、現状での実現可能性については考慮しないことを前提としている。その結果、アンケート回答を得た全 9 事業体中 8 事業体から「AI による損傷状況等の自動判別（診断)」という回答結果を得た。これは、各事業体の潜在的なニーズがあらわれた結果と推察される。各事業体における水管橋等の点検作業は、調査を行った後に診断まで行ってはじめて完結する作業である。そのため、事業体において、点検作業が人手からドローンを用いた調査へと置き変わった場合には、そこから得られた情報に対して、AI を用いて診断を行うというように、ドローンで調査を行うだけでなく ICT 技術等を組み合わせることで、点検作業全体の効率化を図りたいという考えが、事業体では高いニーズとしてあることが読み取れる。さらに、修繕方法等の自動選定や、塗替え塗装実施時期の定量化など、これまで事業体職員の経験による属人的な判定が行われていたと思われる作業においても、AI の活用を模索する回答も見られた。ただし、それらの注意点として、AI の活用は、写真や点群データ等のドローン等によって得られた情報を利用して判別・診断などを行うものであり、ドローンそのものとは切り離して考える必要がある。ドローン等を用いた調査技術は、従来の人手によって行う調査と比較して、取得できるデータの量や種類が多いことから、AI との組み合わせは相性が良い。そのため、一つの技術として捉えられている結果と思われる。AI 搭載ドローンなども開発されているものの、水管橋の調査と診断の効率化を考えていくにあたって、まずは異なる技術として捉え、求める点検内容に合わせて、それぞれ必要な技術を検討していくことが重要となる。現状、先の事業体のニーズを実現するような AI を活用した技術は、水道事業分野において実現していることは確認できていない。しかしながら、今回のプロジェクトにおける実証実験において、AI を用いた判定技術によって水管橋の塗装劣化診断を試験的に行っており、実用段階に近づいていると考えられる。AI を含むソフトウェア側の技術の進展は、一般的にドローン等のハードウェア側以上に目まぐるしいものであり、一例として、機械学習のための教師データの不足といった課題を解決していくことで、実装が行われ、将来的に診断業務の効率化が図られていくものと考えられる。

また、様々な分野で開発がすすめられているオートパイロットと呼ばれるような自動運転・巡回技術等と組み合わせることで、将来的には点検作業そのものについて、人手不足を解消するような自動化されていく可能性が感じられる。

凍結防止等を目的とした被覆防食を行っている水管橋において、被覆下の状況や管内面の状況把握など、ドローン等の新技術を用いても容易には調査を行えないような場合などに、ICT 技術等を活用することによって解決したいという回答があった。これらは、その点検対象となる水管橋等の設置状況など調査条件によって大きく左右され、ドローンに搭載するカメラ等の機器の性能や従来の人手を用いた点検手法との併用などにより実施できる場合もあるが、事業体の要望する

点検内容すべてを行うのは、現時点では困難である。当プロジェクトにおいては、触診・打音など直接対象物に触れて行う調査については実証を行っていないが、全方位ガード付きのドローンは、対象物に触れても墜落等の危険性は低く、条件によっては近接した調査が可能であった。また、触診・打音、詳細調査に関する実証は、道路橋などの類似構造を対象としたものまで含めると、産官学問わず多くの研究がすすめられているため、遠くない未来に実用可能な技術が確立し、一般化されることが期待される。

今回のプロジェクト（期間：2022 年９月～2024 年３月）では、複数の実証を行うことで、事業体からの要望であった「従来の点検では死角となり目視できない箇所の点検」に関して、ドローンは、国の「水道施設の点検を含む維持・修繕 の実施に関するガイドライン」における基本調査を一つの範囲内として、十分活用ができるものであることが分かった。また、それらを行うために必要となる手続きから、準備、実施にあたっての注意点等、多くの知見が得られた。これだけでも十二分に維持管理業務の効率化に資するものであると考えられるが、今後、水道事業においてドローン等を活用した点検が一般的になっていくことで、そこから得られるデータを活用する AI を用いた診断やその他の新技術に関するニーズがより大きくなっていくものと思われる。これらの高まるニーズを背景に、ICT や IoT、DX を活用した新技術が今以上に水道業界にとって活用可能なものとなるよう、今後の産官学で連携した技術開発に期待する。

4. ICT 等新技術を活用した水道施設の点検手法等に係る事例集

実証実験の一覧を以下に示す。なお、各実証実験における評価は、各グループでまとめた結果であり、本プロジェクト全体における評価ではない。

表 4-1　実証実験の一覧

	水管橋名	形式	橋長 (m)	口径 (mm)	使用機材	AI	掲載事例
4.1 第 1 回実証実験	観音橋水管橋（東京都）	三角トラス補剛	57	500	・ドローン	－	4.1.1 4.1.2
	日の出橋水管橋（東京都）	逆三角トラス補剛	47	500	・ドローン	○	4.1.3 4.1.4
4.2 第 2 回実証実験	鏡川水道橋（高知市）	ニールセンローゼ補剛	149	900×2 条 500×1 条	・ドローン	○	4.2.1
	国分川水管橋（高知市）	斜張橋補剛	185	450×2 条 300×1 条	・ドローン	－	
	豊橋添架管（豊橋市）	橋梁添架	186	300	・ドローン	－	4.2.2
	荒川水管橋（埼玉県）	ローゼ補剛	1101	1200×2 条	・ドローン	－	4.2.3
4.3 第 3 回実証実験	吉田大橋添架管（豊橋市）	橋梁添架	272	300	・ドローン ・ポールカメラ	－	4.3.1
	広瀬川水管橋（仙台市）	ランガー補剛	414	1100×2 条	－	○	4.3.2
	千代大橋添架管（仙台市）	橋梁添架	310	500	・ドローン	○	
	生野橋水管橋（神戸市）	パイプビーム	86	700	・ドローン	－	4.3.3
	神ノ木橋添架管（神戸市）	橋梁添架	26	300	・自立式点検ポールカメラ	－	
	神若線添架管（神戸市）	橋梁添架	30	500	・自立式点検ポールカメラ	－	

4.1.1　三角トラス補剛形式（第1回 実証実験）

観音橋水管橋

実証実験参加企業	実施企業：三信建材工業株式会社 協力企業：株式会社デック、大成機工株式会社、株式会社日水コン	
実証実験の目的	水管橋の目視点検の代替としてドローンを活用し、腐食・防食機能の劣化等の損傷状況を直接目視と同等以上の精度で撮影できるかの検証。また、従来点検で直接目視できない範囲に対して、ドローンの適用が可能であるかを検証。	
フィールド提供事業体	東京都水道局	
フィールド水管橋	名　　称	観音橋水管橋
	形　　式	三角トラス補剛形式
	橋　　長	57m
	径　間　数	1径間
	口　　径	φ500mm×2条
	布設年度	昭和62年（1987年）
	歩廊の有無	有
	架空対象	河川、河川敷歩道
	管　理　者	東京都水道局
	塗装の種類	フッ素樹脂塗料
	塗替え履歴	平成8年（1996年）
	耐震補強履歴	平成18年（2006年）
	周辺の環境	非DID地区、住宅、畑等

使用機器等

メーカー	Skydio
機体名	SkydioX2E
寸法	663mm×569mm
高さ	211mm
重量	約 1.3kg
ﾊﾞｯﾃﾘｰ仕様	約 8,200mAh、×1 本
安全装置	Visual SLAM による距離制御
カメラ	本体一体型カメラ

実証内容の概要

【実施概要】
- 全方位衝突回避機能を搭載したドローンで対象構造物を全面撮影
- ドローンの操縦者1名、映像監視者1名、安全監視者2名
- 撮影対象との離隔を3～5mとし、図1の12測線を飛行し、対象水管橋の全範囲を動画撮影

※歩廊（トラスの内側）から見える範囲の撮影も含む
- 撮影した動画から切り出した静止画をPC上で目視し、損傷部を検出できること、死角の有無等を確認

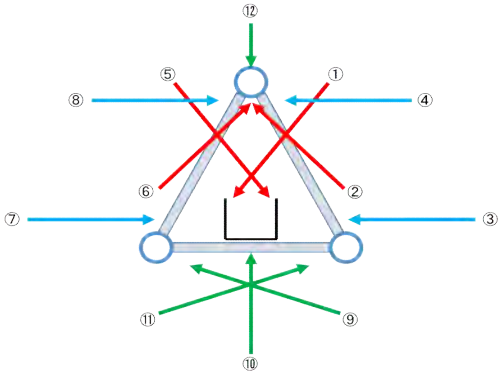
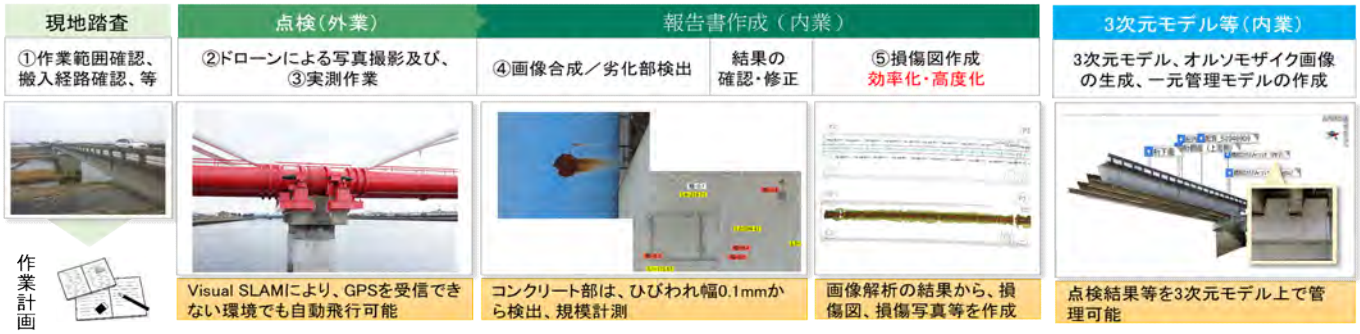


図1　飛行経路図

新技術の特徴

【技術概要】
- GNSS環境下、非GNSS環境下ともに安定した飛行が可能なドローン「SkydioX2E」により、対象構造物全体を静止画、又は動画で撮影を行い、取得したデータから損傷箇所の検出と図面記録を行う。
- 取得した画像データから、3次元モデルの構築やオルソモザイク画像（正射影変換された合成画像）の生成と、3次元点群モデルに点検結果をリンク付けした一元管理モデルの生成も可能。



【ドローン機体の特徴】
- 非GNSS環境下でも安定した飛行が可能となるVisualSLAM制御を搭載
- 全方位衝突回避機能を搭載
  衝突回避が作動する既定値以内に障害物がある場合、AIがより安全なルートを選択し回避する

【解析作業の特徴】
- 撮影した画像を合成し図面に合成画像を貼り合わせることで、損傷位置や規模を高精度に計測可能
- コンクリート構造物のひびわれは0.1mm幅のひびわれから検出可能で、AIによる自動検出も可能

【適用条件】
- 3m四方の離着陸スペースの確保
- 対象構造物の下端と、地面もしくは河川水面との離隔が4m以上
- 上空に送電線、また周囲に電波塔が存在する場合は、要現地確認
- 飛行範囲に第3者立入りの可能性がある場合は、立入り規制が必要
  （道路の場合は一時的な交通規制など）
- 橋梁添架管の場合、桁下添架であれば管体の上面、横添架であれば管体の側面は撮影困難
  ※ポールカメラ等を用いて一部撮影可能

実証実験の内容・結果

- 準備／片付けを含む現場作業に要した時間は、約3時間（総飛行時間：約85分）
- 下流側に隣接橋梁があるため、安全監視者を配置し、車・人の通行時は合図により飛行の中断と、安全な位置でホバリングした上で通行を優先（図2の作業区域参照）
- 撮影画像から損傷部の確認は可能であり、直接目視と同等以上の精度を確認（図3）
- 足場がなければ見えない範囲（上面や河川上の下面など）を撮影することはできたが、歩廊手摺の陰になる箇所など一部死角が生じた
- 点検結果は、図面に損傷位置と損傷写真を表示した損傷図面と、損傷写真台帳を作成（図4）

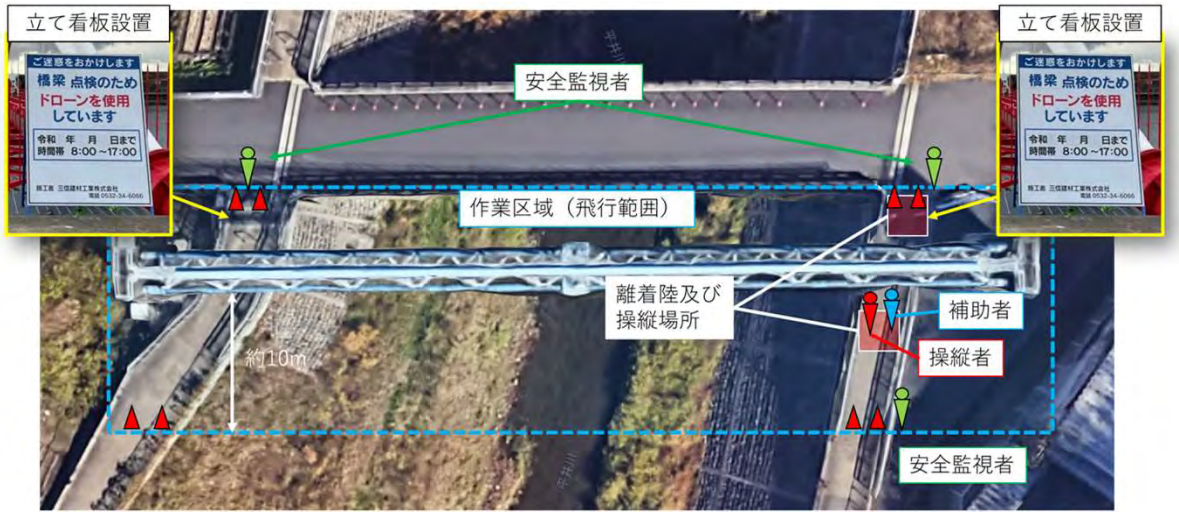


図2　作業区域・人員配置

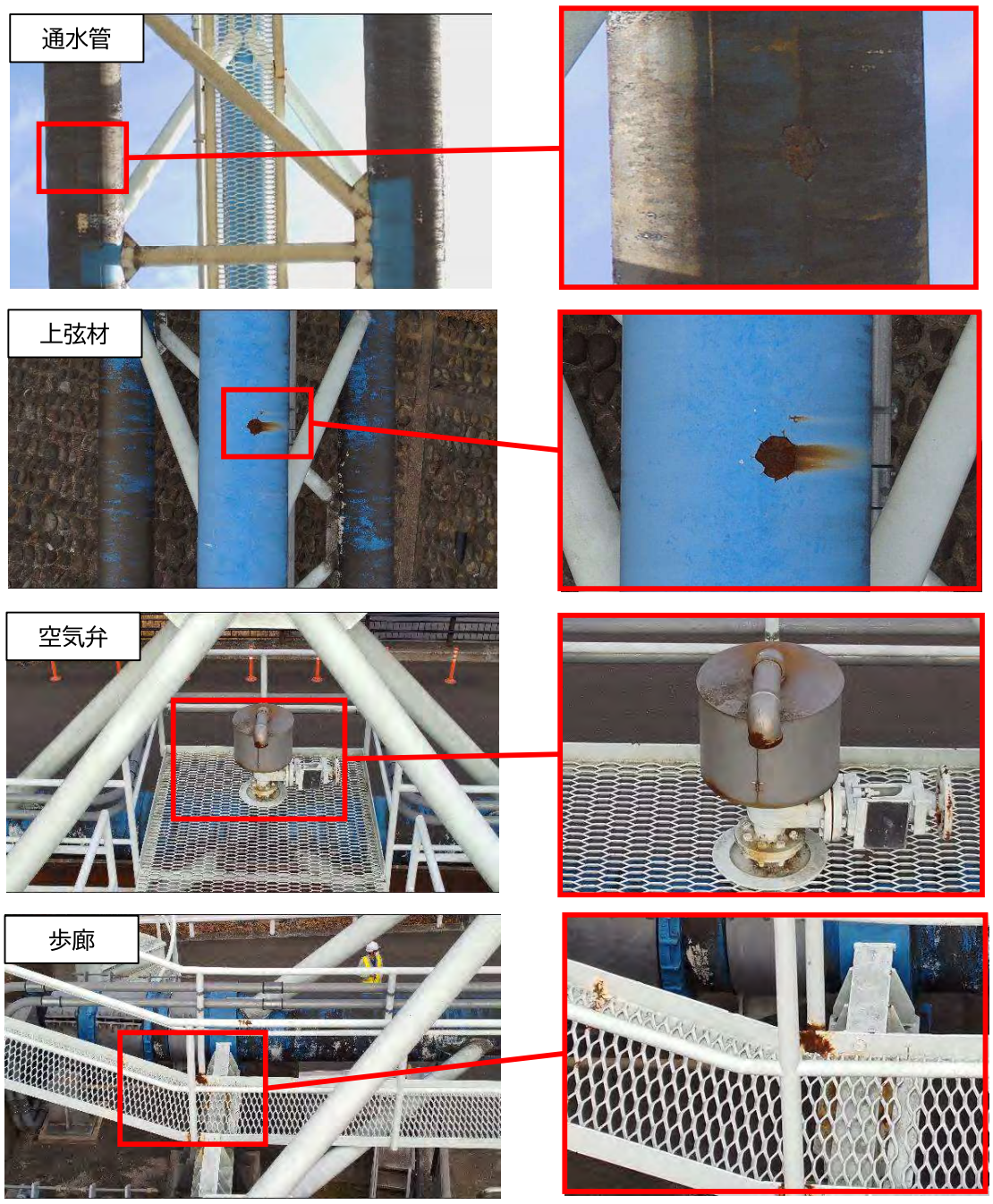


図3　損傷検出画像例

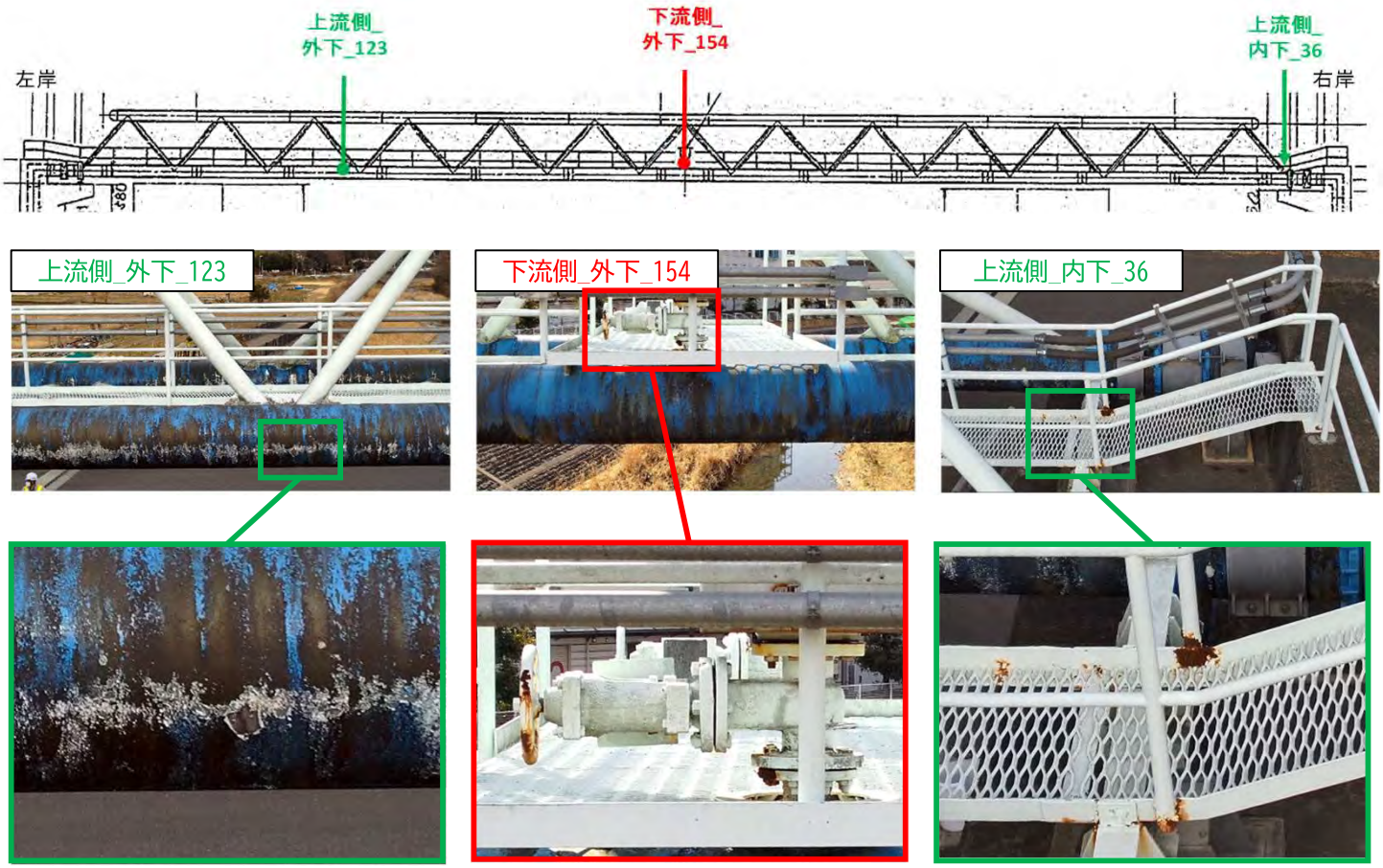


図4　点検結果例

図5　作業状況写真

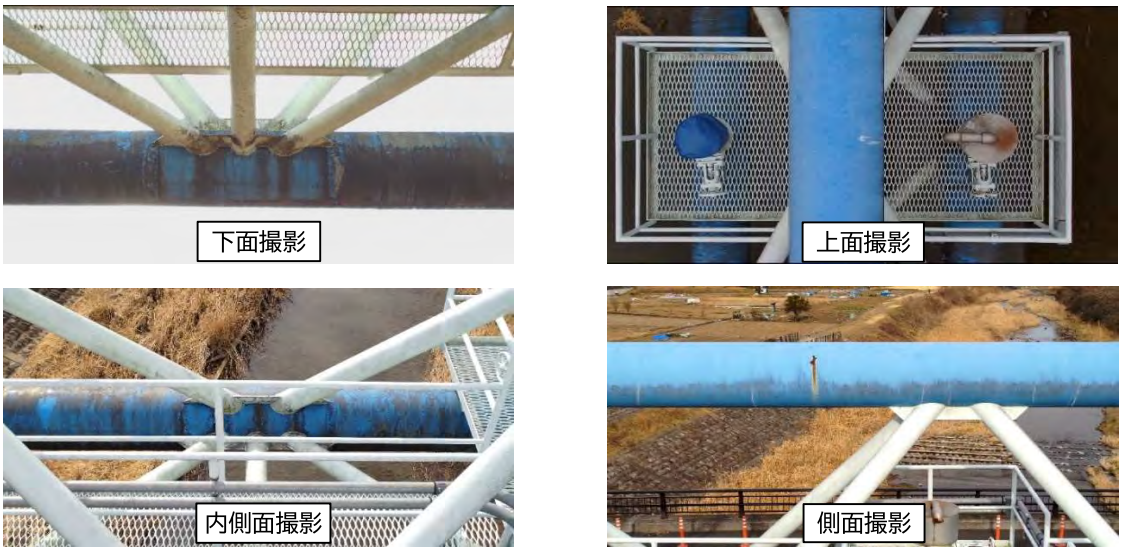


図6 ドローン撮影画像例

その他（特記事項）

- 撮影する方角と時間帯によって、カメラに直接日光が差し込む逆光となる恐れがあるため、事前に現場環境の確認と撮影計画を十分に立てる必要がある
- 隣接もしくは水管橋直下を横断する道路、歩道がある場合、時間帯によって交通量が変動する場合があるため、現地踏査や管理者等へのヒアリングにて事前に情報収集し、作業工程の参考とすることが望ましい
- 周囲の住宅がドローンで撮影した画像に写り込む可能性があるため、事前に周知をする必要がある（飛行目的、日時、現場責任者、連絡先等）

フィールド提供事業体からのコメント

- 本機種は、中型機種であり、基本は近接撮影としているが、拡大撮影も十分に可能なカメラ性能を備えていた。近接撮影と遠方からの拡大撮影を使い分け、測線を変えることで、撮影できない場所をなくしていた。
- 今回の実証実験の中では、最も一般的な特徴の機種となっており、標準的なドローンと考えられる。
- 離発着のためには３m四方の離発着スペースを確保する必要があるため、基地スペースの確保が必要であった。
- 撮影後の成果品に関しては、画像、動画ともに、目視点検と同等以上の内容が確認できた。さびと汚れの違いなどもはっきりと判断できる状況であった。また、過去の調査報告書と同様の写真帳を作成した結果、過去の調査時と同等以上の写真帳が作成可能であった。
- 撮影時の日影等については配慮が必要であり、著しい逆光等がある場合には、角度を変えての撮影や時間をずらすなどが必要である。
- 通常、目視では確認困難な、橋の下部や上部についても確認が可能であり、ドローンが接近困難な場所については、多角的に拡大撮影等を行うことで、確認可能となっている。
- 空気弁等の附属設備や防護カバーの有無等がある場合は、ドローンのみでは確認が困難なことから配慮が必要である。
- 今回、本グループの調査では、ポールカメラを使用して橋脚等の確認も行っている。ポールカメラについては、一般的な小型カメラに棒がついたものと同様のため、機動性が高く、歩廊や陸上から一定程度の距離であったり、若干見えにくい箇所などであれば、ドローンを飛ばすことなく十分に確認可能となっている。また、申請等も特段必要ないことから、目視点検の延長で使用したり、ドローンでの調査と組み合わせるなど手軽に使える確認手法だと考える。

問い合わせ先

担当部課名	三信建材工業株式会社　開発室				
所在地	愛知県豊橋市神野新田町字二ノ割３５－１				
電話	0532-34-6066	FAX	0532-33-7155	E-Mail	kaihatsu@sanshin-g.co.jp

4.1.2　三角トラス補剛形式（第1回 実証実験）

観音橋水管橋

実証実験参加企業	実施企業：株式会社フソウ（フライト協力：ブルーイノベーション株式会社） 協力企業：株式会社NJS、株式会社管総研	
実証実験の目的	水管橋本管・補剛材に対して、従来の目視点検同等以上の点検が可能かどうかを検証する。	
フィールド提供事業体	東京都水道局	
フィールド水管橋	名　　称	観音橋水管橋
	形　　式	三角トラス補剛形式
	橋　　長	57m
	径　間　数	1径間
	口　　径	φ500mm×2条
	布設年度	昭和62年（1987年）
	歩廊の有無	有
	架空対象	河川、河川敷歩道
	管　理　者	東京都水道局
	塗装の種類	フッ素樹脂塗料
	塗替え履歴	平成8年（1996年）
	耐震補強履歴	平成18年（2006年）
	周辺の環境	非DID地区、住宅、畑等

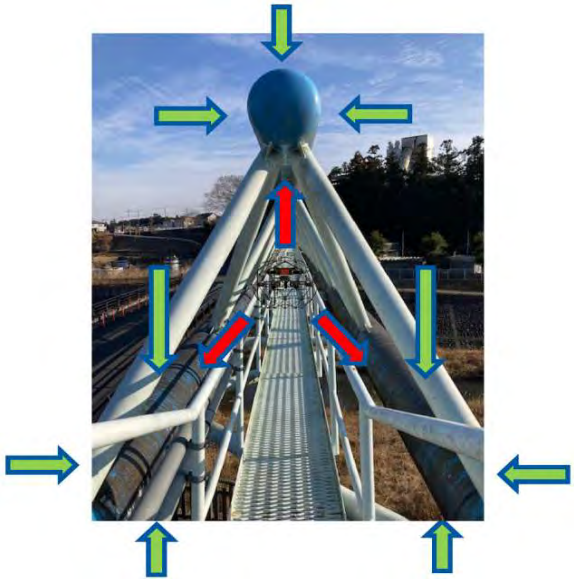
使用機器等

ドローン：ELIOS３

項目	ELIOS 3
主な用途	目視点検、デジタルツインの構築(LiDAR・SFM)
取得データ	あらゆる可視データ、高精度3次元データ
飛行時間	12.5分(ペイロードなし) 9.1分(LiDAR搭載時)
サイズ	縦：38㎝、横：48㎝
搭載カメラ	可視カメラ(4K) 赤外線カメラ
明るさ	16,000ルーメン
飛行安定化	◎(SLAMにより安定)
飛行中の自己位置推定	○(3Dライブマップ・距離計・気圧センサー・簡易コンパス)
追加センサー搭載 フレームが映りこみ	○(2ポート：LiDAR用、補助用) ◎(どの角度でも映らない)
3Dモデリング	◎(SFM・LiDARによる高精度測量)
通信システムのメーカー 通信の強度・範囲	Cubepilot社(オーストラリア) ◎(E2より通信距離が少し長い)

実証内容の概要

- ドローンにより水管橋の劣化診断を行う。
  橋梁添架管やトラス形式など、点検スペースが狭小な水管橋において、全方位ガードにより外側からだけでなく内側からも点検できるため、対象個所を上下左右から点検することが可能。
- 点検に必要な画質を確保するために対象に近接する際にドローンが対象物等と接触しても墜落せずに安定した飛行を継続可能。
- ドローンに標準装備された4Kカメラ・赤外線カメラ・LiDARにより、動画・静止画・赤外線画像・点群データが取得できるほか、飛行ログを用いて取得した点群データ内に飛行軌跡を表示することも可能。



新技術の特徴

【特徴】

- 全方位ガードにより飛行中に周辺物と接触しても墜落せずに安定した飛行を継続できるため、汎用ドローンでは難しい橋梁添架管やトラス形式など、点検スペースが狭小な水管橋の点検が可能。
- FPV（ドローンから見た視点）による飛行＋高照度のLEDによる撮影が可能で、目視飛行が難しい箇所、外光が遮断され十分な光量が確保できない箇所でも鮮明な画像を撮影することができる。これにより、今までは足場等の設置が必要だった高所や目視点検が難しい橋梁添架管上面なども点検が可能となる。
- FPVの画像を外部モニタへの出力やタブレット等にミラーリング（画像共有）することにより、操縦者以外もドローンからの画像をリアルタイムに確認することが可能となるため、現場での劣化判断や記録作成に活用できる。

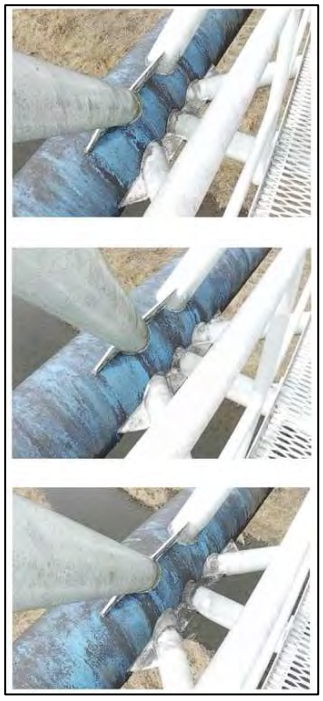
【留意点】
・留意点として、塗装の白亜化や膜厚測定は、現地で実施することが望ましい。
・従来の目視点検に比べて　点検可能箇所が増えることにより、点検時に撮影した画像データの保管やデータの確認時間増加への対応検討が必要となる。

実証実験の内容・結果

【実証実験の内容】
・人員配置は保安要員を右岸側、左岸側の両岸に１名ずつ配置し、看板等を設置し立ち入り禁止区域を設定した。パイロット１名に目視外飛行補助員１名を配置した。
・撮影時間は上部工（12方向から）の撮影に約1時間30分を要した。下部工や螺旋階段の撮影、準備・撤収の時間を合わせると約３時間であった。

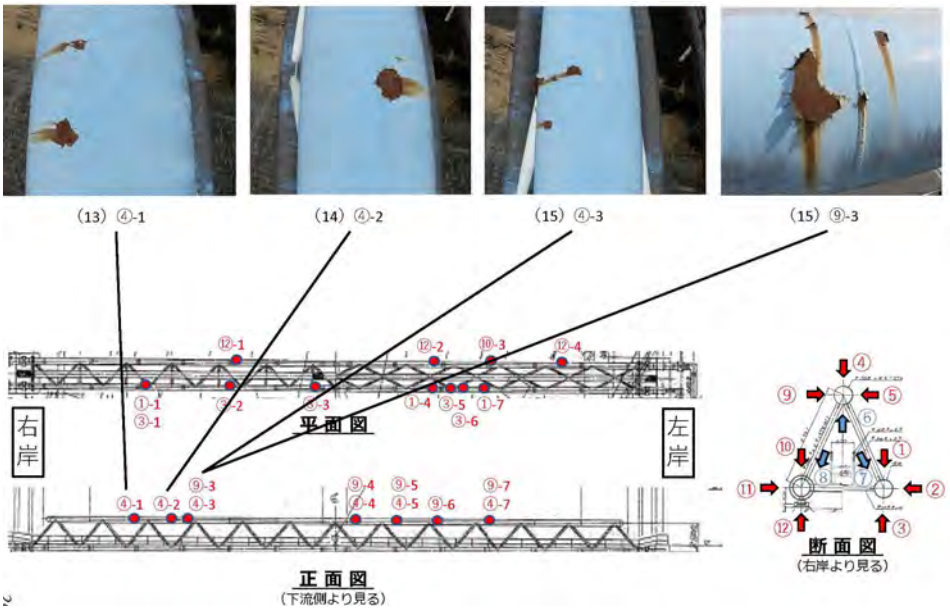
【実証実験の結果】
・狭小な水管橋の内部も、全方位ガード付きドローンであれば既存点検と、ほぼ同等の報告書の作成が可能。
・デジタルズームを使わずに目視点検相当距離の撮影ができれば、映像により点検可能。

従来点検


ドローン点検

従来点検

ドローン点検



橋梁（上部部材）
※写真下の番号は図面内の番号と対応

その他（特記事項）

【注意事項】
- 屋外での撮影のため、太陽光を意識した（逆光では撮影しにくい）飛行計画を立案したほうが良い。
- 風速が5m/s以上、もしくは雨天や霧などにより十分な視界が確保できない場合は、飛行できない。
- FPVでの飛行は目視外飛行となるため、必要数の補助者を配置する必要がある。
- 第三者の立ち入りを制限する旨の看板やコーンのほか、補助者の配置により、飛行範囲に第三者が立ち入らないように安全を確保する必要がある。

【許可申請先及び申請に要した期間】
- 東京都水道局 多摩水道改革推進本部調整部
- 東京都建設局 西多摩建設事務所（管理課 河川管理）
- 東京都建設局 西多摩建設事務所（管理課 道路管理）
- 国土交通省

フィールド提供事業体からのコメント

- 本機種は、全方位接触ガードに囲まれた特殊機種の中型機種である。全方位接触ガードがあることにより、接触に伴う墜落等の危険性がないことから、非GNSS環境での操作性に優れ、狭隘箇所へと入っていくことが可能となっていた。
- 東京都における実証実験では、同一の水管橋に対して複数のドローンを試行した。そのため、他機種との比較も可能であった。他機種においても、カメラ制御により離隔を一定に保ち、非GNSS環境を想定した飛行を行い、操作性の確認を行ったが、本機種は物理的な接触を許容していることから、操縦技術者の技量によらず、より安定して近接が可能となっていた。橋の構造部材の間等、風が乱れる場所においても接触ガードがあることにより操作性は向上していた。これらのことから、近接撮影が必要な狭隘箇所においては、他機種に比べ最も近接しての撮影が可能となった。
- 今回の実証実験では、唯一歩廊の間等にも入っての撮影を実施しており、あらゆる角度からの撮影が可能であることが実証された。
- 着陸時には、全方位接触ガードがある都合上、他機種よりも若干広いスペースが必要であり、離発着スペースをしっかりと確保する必要があった。
- 3Dスキャニング用のリーダーを搭載して、3Dスキャンも実施し、飛行しているその場で、基地にあるパソコンで3Dスキャンの確認も実施できた。
- 撮影後の成果品に関しては、画像、動画ともに、目視点検と同等以上の内容が確認できた。さびと汚れの違いなどもはっきりと判断できる状況であった。また、過去の調査報告書と同様の写真帳を作成した結果、過去の調査時と同等以上の写真帳が作成可能であった。
- 撮影時の日影等については配慮が必要であり、著しい逆光等がある場合には、角度を変えての撮影や時間をずらすなどが必要である。
- 通常、目視では確認困難な、橋の下部や上部についても確認が可能であり、ドローンが接近困難な場所については、多角的に拡大撮影等を行うことで、確認可能となっている。
- 空気弁等の附属設備や防護カバーの有無等がある場合は、ドローンのみでは確認が困難なことから配慮が必要である。

問い合わせ先

担当部課名	株式会社フソウ　ソリューションデザイン事業部				
所在地	東京都中央区日本橋室町２－３－１				
電話	03-6880-2119	FAX	03-6880-2208	E-Mail	s.tanaka@fuso-inc.co.jp

4.1.3　逆三角トラス補剛形式（第1回 実証実験）

日の出橋水管橋

実証実験参加企業	実施企業：NTTビジネスソリューションズ株式会社 （フライト協力：ジャパン・インフラ・ウェイマーク） 協力企業：株式会社多久製作所、コスモ工機株式会社	
実証実験の目的	ドローンを活用した水管橋点検と、従来の目視点検との点検範囲や画像精度等を比較検証する。	
フィールド提供事業体	東京都水道局	
フィールド水管橋	名　　称	日の出橋水管橋
	形　　式	逆三角形トラス補剛形式
	橋　　長	47m
	径　間　数	1径間
	口　　径	Φ500mm×1条
	布設年度	昭和62年（1987年）
	歩廊の有無	有
	架空対象	河川
	管　理　者	東京都水道局
	塗装の種類	ポリウレタン樹脂塗料
	塗替え履歴	平成17年（2005年）
	耐震補強履歴	平成18年（2006年）
	周辺の環境	非DID地区、都道脇、住宅、畑等

使用機器等

使用機体	Skydio2
飛行時間	23分
最大速度	58km(36mph)
カメラ	4K 1,200万画素
サイズ (L×W×H)mm	223×273×74
重量	775g
最大通信距離	約200m
位置補正	GPS+VIO+SLAM
最大風速抵抗	約10メートル
障害物検知	全方向(魚眼レンズ×上下6)
動作温度範囲	-5度～40度

VIO　:加速度センサーと可視画像を使った位置推定により、対象物を定めて飛行を安定させることが可能
SLAM:可視画像から位置推定することにより、対象物がどのような形状であっても、非GPS環境下での自動航行可能

機体本体の安全性

- プロペラの材質はプラスチック製で、接触時の衝撃も軽減
- 電波が途絶えた場合に設定された発着場所に自動帰還

技術評価・他実績

- 国土交通省　点検支援技術性能カタログに掲載
  画像計測技術(橋梁)BR010009-V0121

1．橋梁下の非GPS環境や強電磁波にも強い
6個のカメラが360度周囲を撮影その映像をAIで解析して周囲の状況を確認して障害物を避けるため、GPSの届きにくい橋梁下や電磁波が発生する場所においても安定した飛行が可能
2．通常のドローンで点検が難しい狭隘部にも進入可能
狭隘部への進入が可能。通常のドローンでは進入出来ない橋梁下のトラス部分に進入が出来る。また衝突回避及び自立飛行機能があるため、衝突による落下のリスクが低減されている
3．広い稼働域を有するメインカメラで上部撮影が可能
メインカメラが真上（180度）を向くので従来の小型ドローンでは撮影が困難な管路下、床板等の撮影も簡単に行うことが可能

実証内容の概要

1.作業スケジュール

タイムライン	作業	備考
9:00 | 9:20	現地到着、機材搬入	改めて現地確認を行い、離発着場所を決定
9:20 | 9:30	現地確認、KY活動	撮影前はKYを行い、撮影実施の際の危険ポイントを洗い出してから撮影を実施
9:30 | 11:30	撮影	撮影時は、補助者が機体の挙動を確認。操縦者と連携し撮影 ※見学者対応のためのフライトも含む
11:30 | 12:00	片付け、現場撤収	

2.体制

NTTビジネスソリューションズ
（直接実施企業）

【役割】
- 実証マネジメント
- 現場監督

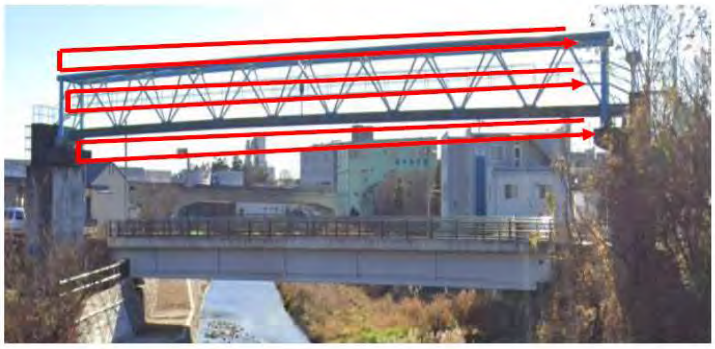
ジャパン・インフラ・ウェイマーク
（技術協力企業）

【役割】
- ドローンフライト
- 撮影データの取りまとめ
- 点検帳票作成

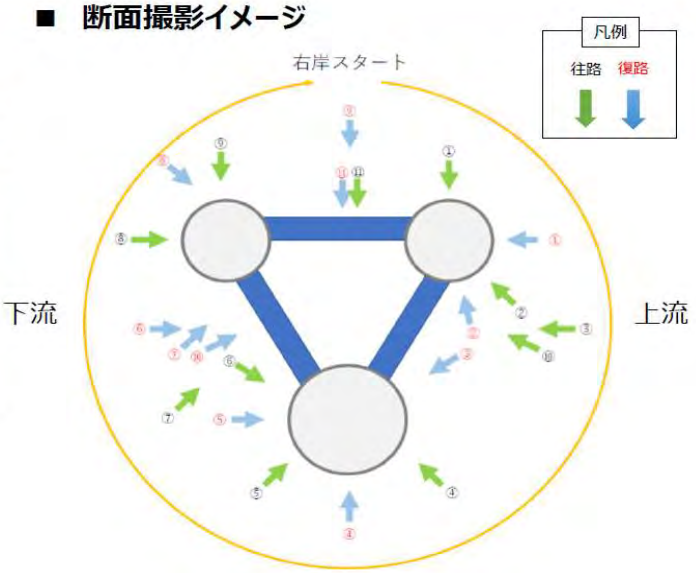
3.撮影方法

- **水管橋の側面を複数回飛行し、管路部分と補剛材部分を動画で撮影**
- **損傷が激しいと思われる箇所は、静止画でも撮影**

■ **側面撮影イメージ**



■ **断面撮影イメージ**



■ **撮影実績**

- 動画撮影：11往復（合計ファイルサイズ：50.5GB）
- 撮影所要時間：約2時間
- 点検記録用写真：471枚

新技術の特徴

【優れた点】

・小型かつ高度な全方向衝突回避センサーを搭載したドローン技術で、桁間に進入し健全性診断に必要な情報を取得できる。

【適用範囲】　※水管橋、水道添架管路に特化して記載

対　　象：管体の上下左右（水管橋）、支持金具、（添架管）、橋台部、橋脚部、付帯設備（手摺・立入防護柵）、歩廊、鋼橋/Co橋/上部構造(主桁、横桁、床版等)/下部構造(橋脚、橋台)/支承部/路上/支持金具/点検歩廊/立入防護柵/手摺/バルブ（空気弁）

把握変状：腐食/ゆるみ・脱落/破断/防食機能の劣化/ひびわれ/床版ひびわれ/抜け落ち/変形・欠損/剥離・鉄筋露出/漏水・遊離石灰/変色・劣化/補修・補強材の損傷/漏水・滞水/支承部の機能障害/土砂詰り/舗装の異常

【導入効果】

・ドローン活用により、水道施設の点検、維持、保全に係る業務の効率化、安全作業、低コストを実現できる。
・上方、側方2方向、下方から（表面の画像）の動画により写真だけでは分かりにくい調査対象水管橋の全体状況を確認することが可能。
・4K1200万画素記録カメラによる撮影。これは日本水道協会および日本水道鋼管協会の『外面塗装劣化診断評価手引き』に示されている基準である、①景観性（白亜化・変退色、汚れ、外観）、②防食性（さび、はがれ、われ）を確認することが可能

【点検項目】

・厚生労働省が定める、『水道施設の点検を含む維持・修繕の実施に関するガイドライン』の『水管橋等の点検記録表』における以下の５項目以外を評価できる。
（空気弁の断熱材、伸縮管の変位状況、支承機能の確認（スライド状況）、橋台沈下の有無、橋脚傾きの有無）

【留意点】
ドローン点検が可能な条件は下表の通り

＜天候条件＞	＜対象構造物条件＞
天候：雨天、降雨降雪時は作業不可 風速：5m/s以下 外気温度：-10℃～40℃ 日照：日中（夜間飛行不可）	桁下高さ：1.5m以上であること 添架管路の場合、添架位置は橋下、側面によらず飛行により撮影可能　（飛行空間が1.5m以上あること）

実証実験の内容・結果

1．長所/短所

長所	短所
• 点検足場、作業車などが不要になり**画像撮影の安全確保** • **弱点部の腐食状況**を鮮明に撮影可能（溶接部や空気弁分岐の根本部分） • **歩廊から点検不可な部位**の撮影可能（上弦材上面の塗装剥がれ、管体下面の結露によるコケ付着や塗膜劣化の状況、下弦材下面の漏水疑い） • 調査結果は、**すべてデータで保存可能**（後から確認や再検証等が可能） • トラス橋（500A、支間長43.5m）11ｼｮｯﾄ動画取得を短時間（≒3h）で完了	• 付帯設備（空気弁や補修弁、継手など）や詳細調査（管厚・塗膜厚測定など）の**触診が困難** • 人による目視で十分な点検可能な水管橋では費用対効果が出ない可能性（パイプビーム等の構造が簡単なもの） • 現状では**ドローン専門業者での操縦、撮影**が必要

2．今後の可能性/今後の課題

今後の可能性	今後の課題
取得したデータの利活用を進めることで、更なる水道業務効率化に寄与できる • 画像取得後に漏水や腐食などの診断まで実施（例：AI活用等） • 定量的な劣化範囲の自動算出（例：劣化度○○%、劣化範囲○○%） • 複数のICT技術を活用し、報告書の作成など人手がかかる作業の効率化 • 取得データの図面復元CAD 化、台帳アプリへ連携。BIM，CIMへ活用	• 桁下等の**目視外飛行が可能か**の検証 • 判定基準が不明確なため、**定量的な判定基準**が必要 • 水管橋台帳作成など、取得データの活用方法の検討 • **費用対効果の検証**。ドローン点検の積算根拠基準や歩掛の算出。 • 寒冷地保温管の調査

3．ドローン点検に適する水管橋

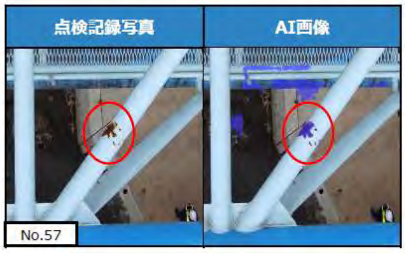
活用要件案	具体例
• 人による目視だけで十分な点検ができない水管橋 • 人が容易に近づくことができない水管橋 • 長大で目視箇所が膨大な数となる水管橋（ただし、AIによる抽出ができることがセット）	**■桁下添架管　（目視外飛行）** ⇒　目視点検の難易度が高い桁下添架管では、ドローンは近接目視点検の代替になりうると想定 **■上部工上部（ランガー、ニールセン）** ⇒　近接目視のために足場を組む必要がある上部工上部の点検にはドローンを活用することが望ましい

（参考）点検用AI（変状認識）について

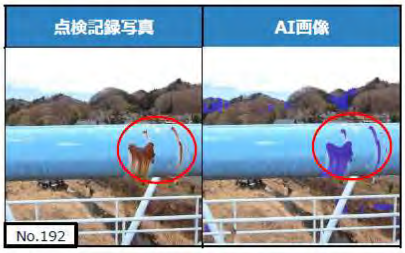
- **JIWが開発した通信設備用の画像認識AIを不具合箇所画像に対して適応し、錆領域の自動抽出を実施**
- **撮影画像の条件によっては、比較的精度高く変状の抽出が可能**

検出結果（一例）

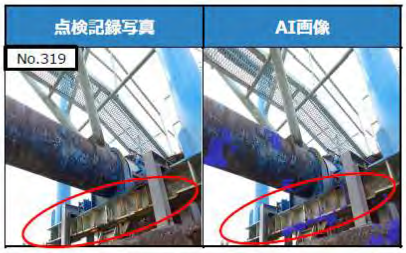
■上部工主構部鋼材①



■上部工主構部鋼材②

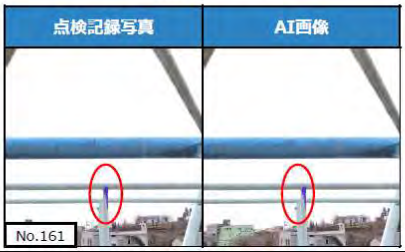


■リングサポート部鋼材

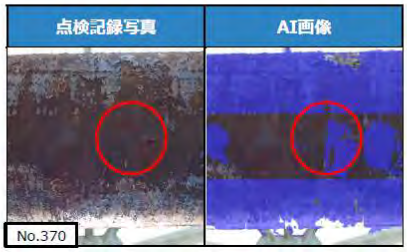


■空気弁

■点検歩廊



■通水管

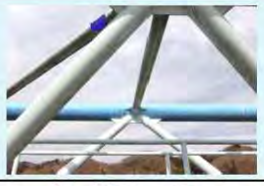


（参考）点検用AI（変状認識）について

日の出水管橋におけるAI適用の総括

1．各検出結果

以下のような条件下で発生した錆について、比較的高精度での錆検出を確認。
【上部工主構部鋼材】・【点検歩廊】・【空気弁】

①錆領域が大きい	②画像全体の明度が高い	③錆領域と周囲の差分が明確	画像全体の明度が低い 錆領域と周囲の差分が曖昧
			

一方、管路の錆については、『画像全体の明度が低い』・『錆領域と周囲の差分が曖昧』であり、低い検出結果となった。

2．精度向上に向けた改善策

・『画像全体の明度が低い』
　＊画像が暗い中の錆データ（教師データ）を用い追加学習を行う

・『錆領域と周囲の差分が曖昧』
　＊汚れを含む画像データを使用し、『汚れ＝錆ではない』という学習を行う事で改善の可能性あり
　＊錆領域が判断しやすい明度へと画像そのものを加工することで改善の可能性あり

（参考）点検用AI（変状認識）の概説

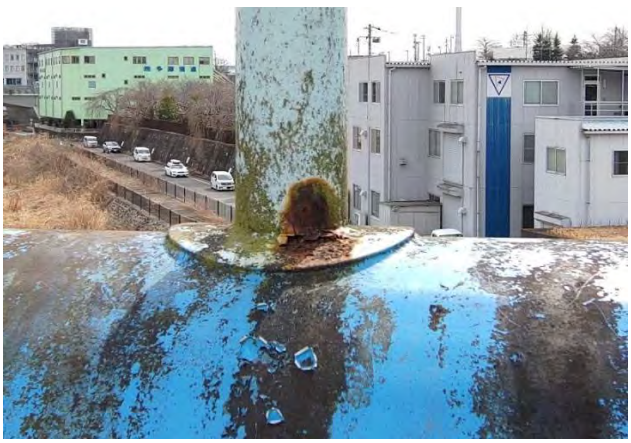
実証実験の内容・結果

上部工主構部鋼材塗膜剥がれ錆

上部工主構部鋼材塗膜剥がれ錆

通水管錆

上部工主構部鋼材塗膜剥がれ錆



空気弁_接続部錆

リングサポート錆

フィールド提供事業体からのコメント

- 本機種は、比較的小型機種であり、離発着を手元から可能にすることや、飛行撮影しながらカメラの角度を変えられるなどの特徴があった。この特徴を生かし、バッテリー交換やカメラ付け替えに要する時間の短縮や、手元からの離発着が可能なことにより、離発着場所の確保が困難な、作業基地が狭隘な場所での調査が可能となっており、作業効率や現場での適用性が高いと感じた。作業基地が大きく確保できない場合や、手元離発着が望ましい環境では、本機種でないと作業が困難な場合が存在すると考えられる。
- 全体を通じて、バッテリーは１５分から２０分に一度は交換を必要とすることから、バッテリー交換に伴う時間ロスが少なく済むのは、全体の作業効率を考えるうえでも、非常に有効に感じた。
- 撮影後の成果品に関しては、小型機種であるが、カメラの性能は十分であり、画像、動画ともに、目視点検と同等以上の内容が確認できた。さびと汚れの違いなどもはっきりと判断できる状況であった。また、過去の調査報告書と同様の写真帳を作成した結果、過去の調査時と同等以上の写真帳が作成可能であった。
- 撮影時の日影等については配慮が必要であり、著しい逆光等がある場合には、角度を変えての撮影や時間をずらすなどが必要である。
- 通常、目視では確認困難な、橋の下部や上部についても確認が可能であり、ドローンが接近困難な場所については、多角的に拡大撮影等を行うことで、確認可能となっている。
- 空気弁等の附属設備や防護カバーの有無等がある場合は、ドローンのみでは確認が困難なことから配慮が必要である。

問い合わせ先

担当部課名	NTTビジネスソリューションズ株式会社　バリューデザイン部バリューインテグレーション部門　ソーシャルイノベーション担当				
所在地	大阪市都島区東野田町4-15-82　NTT WEST i-CAMPUS B棟9F				
電話	06-6335-9406	FAX		E-Mail	vd-jiw-coordinate-ml@west.ntt.co.jp’

4.1.4　逆三角トラス補剛形式（第1回 実証実験）

日の出橋水管橋

実証実験参加企業	実施企業：株式会社ミライト・ワン（フライト協力：株式会社ミラテクドローン） 協力企業：日本ヴィクトリック株式会社、明和工業株式会社	
実証実験の目的	ガイドラインの改正で定期的な点検が必要とされる方向である水管橋において、ドローンを活用した点検の有効性を確認すること。	
フィールド提供事業体	東京都水道局	
フィールド水管橋	名　　称	日の出橋水管橋
	形　　式	逆三角形トラス補剛形式
	橋　　長	47m
	径　間　数	1径間
	口　　径	Φ500mm×1条
	布設年度	昭和62年（1987年）
	歩廊の有無	有
	架空対象	河川
	管　理　者	東京都水道局
	塗装の種類	ポリウレタン樹脂塗料
	塗替え履歴	平成17年（2005年）
	耐震補強履歴	平成18年（2006年）
	周辺の環境	非DID地区、都道脇、住宅、畑等

使用機器等

使用機体：DJI　MATRICE300RTK　　ZENMUSE H20

項目	内容
飛行時間	55分
最大速度	23m/s
カメラ	４K1,200万画素
サイズmm	810×670×430
重量	6.3Kg
ペイロード	2.7kg
IP４５	雨天時利用可
耐風性能	15m/s
障害物検知	全方向

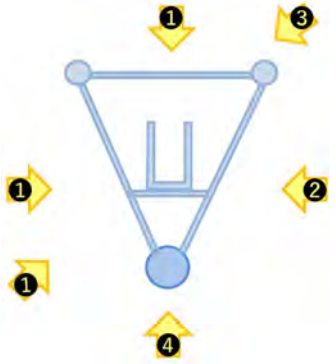
項目	内容
ズームカメラ	光学23倍 デジタル200倍
広角カメラ	対角視野82.9°)
サーマルカメラ	波長帯：8-14 μm
レーザ 距離計	(3~1200m)

◎飛行時間が長い（最大55分、実行35分）　⇒広域をバッテリー交換無しで連続点検可能
◎耐風性能、対雨性能が高い（IP45）　⇒定期時、緊急時に悪天候でもフライト可能
◎高性能カメラ（最大23倍ズーム、赤外線一体型）　⇒様々なミッションに１台で柔軟に対応可能
◎グリッド撮影機能　⇒大型建物、施設点検時の効率的撮影が可能

実証内容の概要

ドローンを活用し目視点検以上の確認効果が出るか実証にて検証する。
目視点検では確認できない箇所の撮影を実施する。
今回は歩廊があるが、歩廊の外側からの確認には限りがありドローンを活用し撮影した画像によって確認が可能となる。望遠カメラを搭載した産業用ドローンを用い、撮影対象の水管橋から離隔をとり安全性を高めて撮影を実施する。

【撮影方法】
①上流側側面：❶
②下流側側面：❷❸
③水管橋底部：❹
④水管橋上部：❶
⑤スポット　：❺❻❼

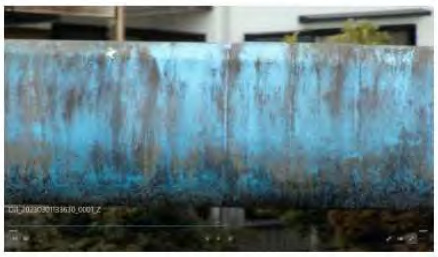


新技術の特徴

今回使用したDJI　Matrice300はZENMUSE H20を搭載することで、光学23倍のズームが可能となり遠くからの撮影ポジションになっても近視撮影と同様の画像が撮影できる機体となっている。
ドローンの飛行場所が限られる場合でも点検における必要な近視画像が可能となる。
ドローンの風により撮影対象物に衝突などのリスク回避にも繋がり安全面においても有効である。

【ズーム撮影】
光学＋デジタルズーム

２倍ズーム（光学）



２０倍ズーム（光学）

２００倍ズーム（光学＋デジタル）

光学ズームとデジタルズームの比較

光学２倍＋デジタル１００倍

光学23倍＋デジタル8.7倍

実証実験の内容・結果

【撮影について】
作業前準備：機材配置及び安全ミーティングに30分
撮影時間　：１時間30分
撤収時間　：３０分
人員配置　：操縦者１名　補助者２名　計３名体制

	従来手法	ドローン
コスト	・足場組立作業、橋梁点検車等の特殊車両が必要。 ・交通規制の関係で夜間作業になる場合がある。	・実施場所により、申請先が複数に及び、事前準備に時間を要す場合がある。 ・現地作業自体は短時間で可能。 ・環境により適したドローンが異なり、搭載カメラ性能も様々なため、複数のドロンや他の機材が必要な場合がある。
工期	・足場組立・撤去作業等により工期が長くなる場合がある。 ・交通規制が必要な場合、使用許可に条件が付き実施できる日程に制限がかかる場合がある。	・現場作業は短時間で可能。 ・パイロットスキルや使用する機体により作業時間に差が出る。 ・後工程、データ整理や画像確認に時間がかかり、AI解析等の自動化が好ましい。
品質	・複数人で同時に作業することでダブルチェックができる。 ・打診、触診ができる。	・環境により適したドローンが異なり、搭載カメラの性能が様々で、標準化する場合にはデータ形式や画質等に一定の基準が必要。 ・逆光等を考慮して、日時や時期に実施時期に制限がかかる場合がある。 ・歩廊での点検で確認できない部分の点検が可能。 ・打診、触診による点検が出来ない。

	従来手法	ドローン
安全	・高所作業が発生。 ・水面高さが低い場所では河川へ入っての作業が発生。	・通信環境や視認性等の周辺環境により、墜落のリスクが高くなる。
周辺への影響	交通規制が必要な場合、交通渋滞等の影響が出る場合がある。	・通行人等から警察へ通報されるケースもあり、警察対応のリスクを回避するため、事前の情報共有が必要。
作業実施	―	・道路越し・軌道越し箇所の飛行は、リスクが高く許可を頂けない場合がある。 ・水面高さが低い場所や水中では、ドローンを飛ばせず、水上ドローンや水中ドローン等の活用が必要だが、船舶が航行する河川では飛行するドローン以上に許可が下りにくい場合がある。 ・通信環境・障害物・照度・日射状況等の影響を受け飛ばせない場合がある。

その他（特記事項）

①作業実施にあたり、操縦者（パイロット）１名、補助者１名の２名体制で実施。
②飛行経路毎の実施にあたって、事前に飛行ルートの意思確認および、フェールセーフルールのミーティングを実施し作業実施。
③飛行中、気流変化や機体制御が不安定になった場合は速やかに飛行を中止し安全なエリアまで退避あるいは着陸することを想定して着陸ポイントを確認。
④作業開始前に離陸ポイントでの風速を計測し、機体の耐風性能以下の風速を基準として、飛行可否を操縦者が判断した上で飛行を開始。
⑤下流側面撮影時は、道路との離隔が取れないため、道路橋梁を挟んだ下流側からズーム機能を使用。
⑥当日の作業開始前には、航空法で義務化された飛行日誌作成・FISS登録を実施。
⑦工事のため関係者以外は立入出来ないため、保安作等の設置は省略し、出入り口付近にカラーコーンと看板を配置。

フィールド提供事業体からのコメント

- 本機種は、今回の実証実験の中で最大の機種となっている。機種が比較的大型であるため、積載できるカメラの能力が高い（今回使用したカメラでは光学２３倍）こともあり、離れた地点からの拡大撮影を行うことで、他機種との比較を行った。なお、光学拡大で対応可能な距離で撮影を行ったため、画像の劣化等は無く良好な写真撮影が可能な状況であった。
- デジタルズームを合わせると200倍近くまで拡大可能であるが、デジタルズームの場合には、画質の劣化があることから注意が必要である。実証実験を行った日の出橋水管橋は、都道に隣接していたことから、都道をまたいで拡大撮影を行っている。
- 今回のケースのように、地上部に歩道や車道がある場合や、近接上空の飛行制限がある場合は、それらをまたいだ地点から拡大撮影が可能であり、使用場所によっては、非常に重宝する機能である。また、比較的大型な機種であることから、他機種に比べて、風に対して飛行安定性が高いと感じた。
- 成果品に関しては、撮影された画像、動画ともに、目視点検と同等以上の内容が確認できた。さびと汚れの違いなどもはっきりと判断できる状況であった。また、過去の調査報告書と同様の写真帳を作成した結果、過去の調査時と同等以上の写真帳が作成可能であった。
- 撮影時の日影等については配慮が必要であり、著しい逆光等がある場合には、角度を変えての撮影や時間をずらすなどが必要である。
- 通常、目視では確認困難な、橋の下部や上部についても確認が可能であり、ドローンが接近困難な場所については、多角的に拡大撮影等を行うことで、確認可能となっている。
- 空気弁等の附属設備や防護カバーの有無等がある場合は、ドローンのみでは確認が困難なことから配慮が必要である。

問い合わせ先

担当部課名	株式会社ミラテクドローン　営業本部西日本営業部				
所在地	本社：東京都品川区荏原1-20-10　神戸事務所：神戸市東灘区向洋町西3-1-10				
電話	078-940-0307	FAX	03-6700-6510	E-Mail	mtc-drone-alliance@mirait-one.com

4.2.1　ニールセンローゼ補剛形式・斜張橋補剛形式（第2回 実証実験）

鏡川水道橋

国分川水管橋

実証実験参加企業	実施企業：NTTビジネスソリューションズ （フライト協力：ジャパン・インフラ・ウェイマーク） 協力企業：株式会社日水コン、コスモ工機株式会社、株式会社管総研		
実証実験の目的	ドローンを活用したアナログ手法点検のデジタル化に向けた実証実験		
フィールド提供事業体	高知市上下水道局		
フィールド水管橋	名　　称	鏡川水道橋	国分川水管橋
	形　　式	ニールセンローゼ補剛形式	斜張橋補剛形式
	橋　　長	149m	185m
	径　間　数	３径間	３径間
	口　　径	φ900×２条，φ500×１条	φ450×２条，φ300×１条
	布設年度	昭和53年（1978年）	昭和58年（1983年）
	歩廊の有無	有	有（点検用ゴンドラ）
	架空対象	河川（二級河川　鏡川）	河川（二級河川　国分川）
	管　理　者	高知市上下水道局	高知市上下水道局
	塗装の種類	下塗り：弱溶剤形変性エポキシ樹脂 中塗り・上塗り：弱溶剤形フッ素樹脂塗料	下塗り：弱溶剤形変性エポキシ樹脂 中塗り・上塗り：弱溶剤形フッ素樹脂塗料
	塗替え履歴	平成29年（2017年）	令和3年（2021年） 令和4年（2022年）
	耐震補強履歴	有	有
	周辺の環境	河川横断（住宅地と近接）	河川横断

使用機器等

使用機体	Skydio2
飛行時間	23分
最大速度	58km(36mph)
カメラ	4K 1,200万画素
サイズ (L×W×H)mm	223×273×74
重量	775g
最大通信距離	約200m
位置補正	GPS+VIO+SLAM
最大風速抵抗	約10メートル
障害物検知	全方向(魚眼レンズ×上下6)
動作温度範囲	-5度～40度

VIO　:加速度センサーと可視画像を使った位置推定により、対象物を定めて飛行を安定させることが可能
SLAM:可視画像から位置推定することにより、対象物がどのような形状であっても、非GPS環境下での自動航行可能

機体本体の安全性

- プロペラの材質はプラスチック製で、接触時の衝撃も軽減
- 電波が途絶えた場合に設定された発着場所に自動帰還

技術評価・他実績

- 国土交通省　点検支援技術性能カタログに掲載
  画像計測技術(橋梁)BR010009-V0121

1．橋梁下の非GPS環境や強電磁波にも強い
6個のカメラが360度周囲を撮影その映像をAIで解析して周囲の状況を確認して障害物を避けるため、GPSの届きにくい橋梁下や電磁波が発生する場所においても安定した飛行が可能
2．通常のドローンで点検が難しい狭隘部にも進入可能
狭隘部への進入が可能。通常のドローンでは進入出来ない橋梁下のトラス部分に進入が出来る。また衝突回避及び自立飛行機能があるため、衝突による落下のリスクが低減されている
3．広い稼働域を有するメインカメラで上部撮影が可能
メインカメラが真上（180度）を向くので従来の小型ドローンでは撮影が困難な管路下、床板等の撮影も簡単に行うことが可能

実証内容の概要

1.作業スケジュール

タイムライン	作業	備考
9:00 ｜ 9:30	現地到着 機材搬入	改めて現地確認を行い、離発着場所を決定。 撮影・電波状況等により変更する可能性あり
9:30 ｜ 9:50	現地確認 KY活動	撮影前はKYを行い、撮影実施の際の危険ポイントを洗い出してから撮影を実施
10:00 ｜ 16:00	撮影	撮影時は、補助者が機体の挙動を確認。 操縦者と連携し撮影
16:00 ｜ 17:00	片付け 現場撤収	

2.体制

NTTビジネスソリューションズ
（直接実施企業）

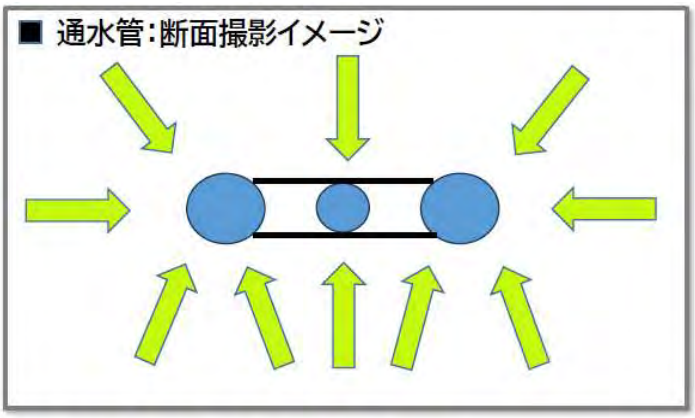
【役割】
- 実証マネジメント
- 現場監督

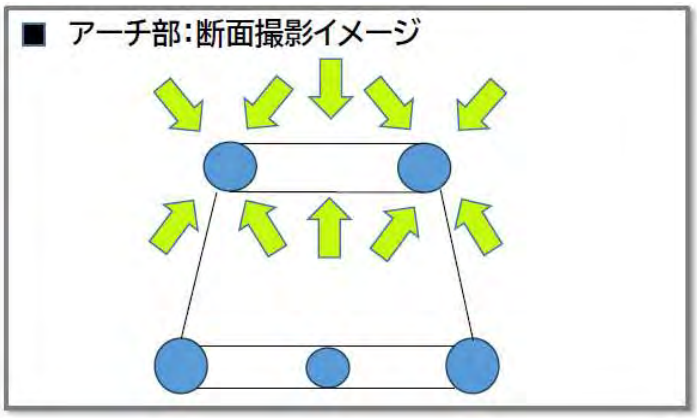
ジャパン・インフラウェイマーク
（技術協力企業）

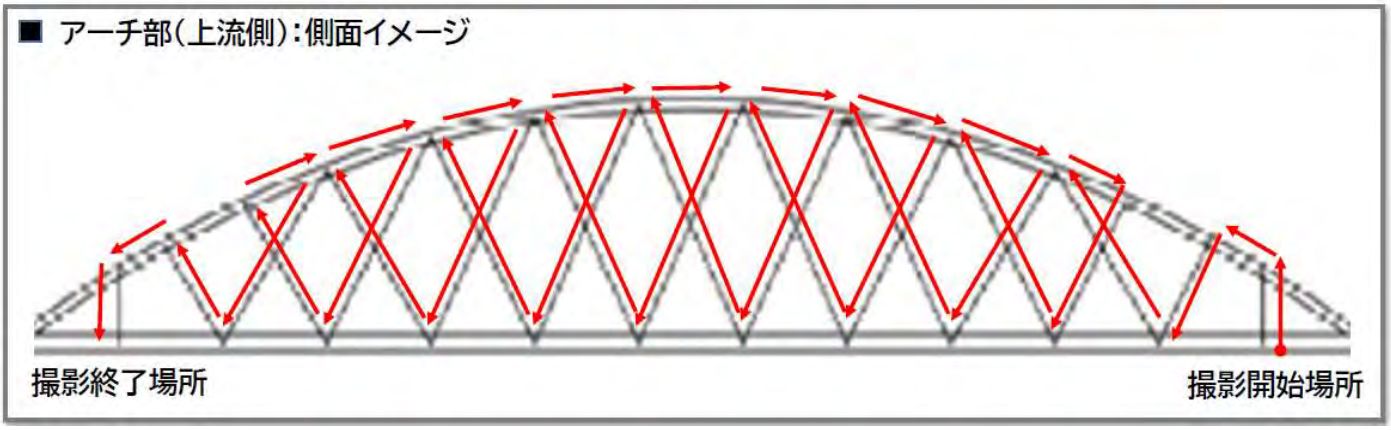
【役割】
- ドローンフライト
- 撮影データの取りまとめ
- 点検帳票作成

3.撮影方法

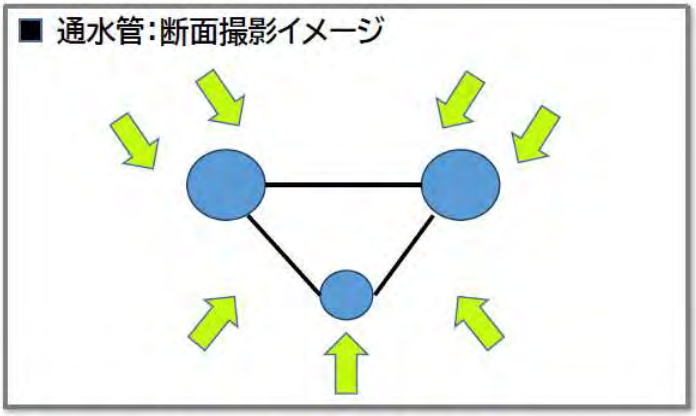
①鏡川水道橋

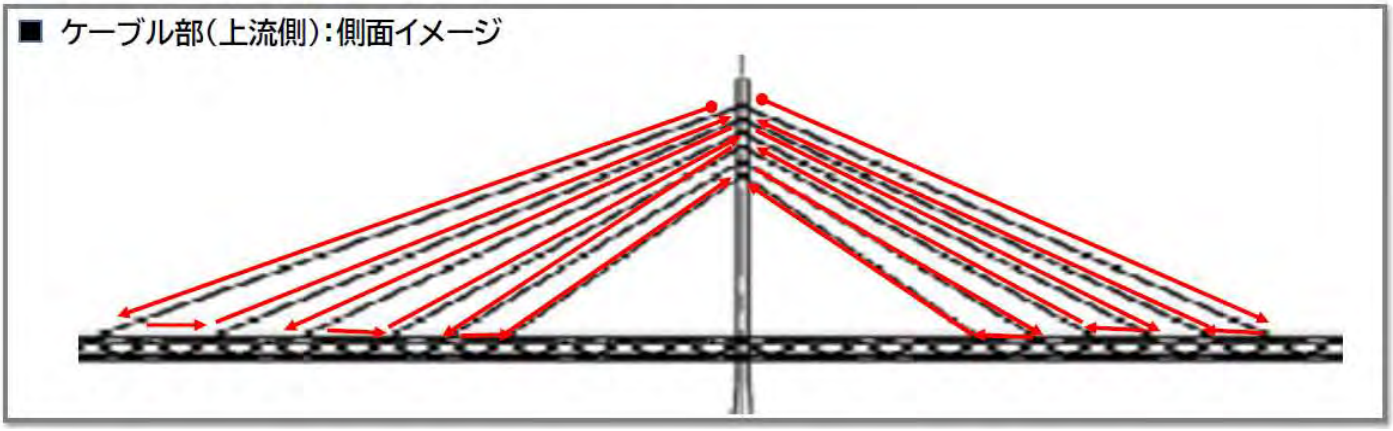






②国分川水管橋





新技術の特徴

【優れた点】
小型かつ高度な全方向衝突回避センサーを搭載したドローン技術で、桁間に進入し健全性診断に必要な情報を取得できる。

【適用範囲】　※水管橋、水道添架管路に特化して記載
対　　象：管体の上下左右（水管橋）、支持金具、（添架管）、橋台部、橋脚部、付帯設備（手摺・立入防護柵）、歩廊、鋼橋/Co橋/上部構造(主桁、横桁、床版等)/下部構造(橋脚、橋台)/支承部/路上/支持金具/点検歩廊/立入防護柵/手摺/バルブ（空気弁）
把握変状：腐食/ゆるみ・脱落/破断/防食機能の劣化/ひびわれ/床版ひびわれ/抜け落ち/変形・欠損/剥離・鉄筋露出/漏水・遊離石灰/変色・劣化/補修・補強材の損傷/漏水・滞水/支承部の機能障害/土砂詰り/舗装の異常

【導入効果】
ドローン活用により、水道施設の点検、維持、保全に係る業務の効率化、安全作業、低コストを実現できる。
・上方、側方2方向、下方から（表面の画像）の動画により写真だけでは分かりにくい調査対象水管橋の全体状況を確認することが可能。
・4K1200万画素記録カメラによる撮影。これは日本水道協会および日本水道鋼管協会の『外面塗装劣化診断評価手引き』に示されている基準である
①景観性（白亜化・変退色、汚れ、外観）、②防食性（さび、はがれ、われ）を確認することが可能

【点検項目】
厚生労働省が定める、『水道施設の点検を含む維持・修繕の実施に関するガイドライン』の『水管橋等の点検記録表』における以下の５項目以外を評価できる。
［空気弁の断熱材］、［伸縮管の変位状況］、［支承機能の確認（スライド状況）］、
［橋台沈下の有無］、［橋脚傾きの有無］

【留意点】
ドローン点検が可能な条件は下表の通り

＜天候条件＞	＜対象構造物条件＞
天候：雨天、降雨降雪時は作業不可 風速：5m/s以下 外気温度：-10℃～40℃ 日照：日中（夜間飛行不可）	桁下高さ：1.5m以上であること 添架管路の場合、添架位置は橋下、側面によらず飛行により撮影可能　（飛行空間が1.5m以上あること）

実証実験の内容・結果

■ メリット・適用の可能性【ローゼ補剛形式・斜長橋】

メリット

・アーチ材、斜長橋ケーブル等において容易に撮影が可能
・従来点検の危険作業を実施することなく撮影が可能
・アーチ部・ケーブルにおいても動画撮影を行う事で、不良箇所の特定が容易
・短時間（1日程度）で作業完了

- **従来点検のボートや足場、ロープワークが不要となり『安全性の向上』・『コスト削減』に期待**
- **『作業効率化』によるコスト削減により補修等に費用を割くことが可能**

■ デメリット・課題【ローゼ補剛形式・斜長橋】

デメリット

・空気弁、吊り材保護カバー等の内部状況の確認が困難
・伸縮管の変位状況、支承機能のスライド状況等の測定が困難
→詳細調査が困難

- **斜材保護カバーや空気弁等の内部状況についての確認は困難**
  内部状況については従来通り目視による確認が必須

ドローン活用点検時の課題について（空気弁、伸縮可とう管等）

■ドローンを活用した点検項目のうち、従来の目視点検（アナログ）項目については、従来手法同等（もしくはそれ以上）であり、問題なく置き換えが可能。
⇒ドローンでの点検にシフト。（１次点検）

■触診、打音点検をはじめとする人の手を介した点検（アナログ）項目については、置き換えが現時点では難しい状況。※画像診断だけでは判断がつかない点検項目。
⇒必要点検箇所（要再調査箇所含む）を中心にドローン点検後の２次点検を実施。

（参考例）

部材	主な点検項目	ドローン点検可否
空気弁	漏水	可
	腐食	可
	変形・破損	可
	ボルトのゆるみ・脱落	一部可※1
	断熱材の損傷	不可
	防食機能の劣化	可

部材	主な点検項目	ドローン点検可否
伸縮可とう管・支承	漏水	可
	ボルト・部材の腐食	可
	ボルトのゆるみ・脱落	一部可※1
	伸縮代（変位）	一部可※2
	部材の変形・破損	可
	防食機能の劣化	可
⋮		
その他	触診・打音検査	不可
	保護カバー内点検	不可

※1 目視で明らかに緩みが確認できる場合や、ボルトが脱落している場合等。
※2 目視で明らかな変位が確認できる場合等。

点検にて検知された漏水箇所や修繕必要箇所の修繕対応。
（１次点検）

＋

アナログ点検必要項目の点検。
（２次点検）

ドローンを活用した水管橋点検DXについて

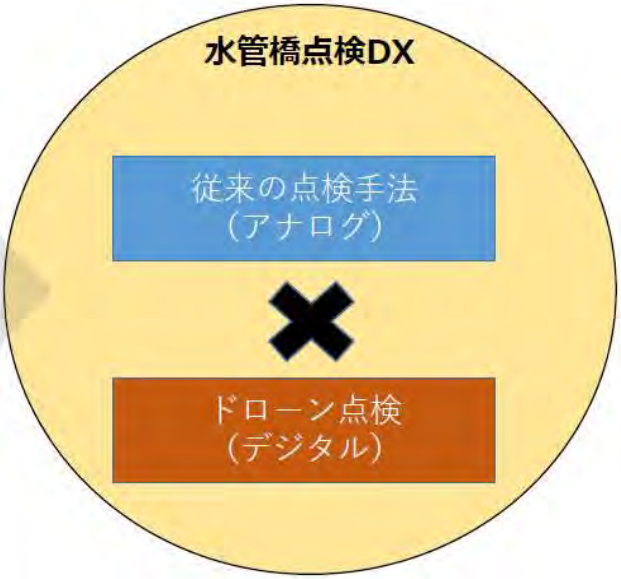
■ドローン点検はあくまで１次点検であり、従来のアナログ的な点検手法とデジタル点検手法を併用活用した水管橋点検DXを推進していく必要がある。
1次点検：ドローン点検
2次点検：人の手を介した点検（画像診断だけでは判断がつかない点検項目）

これまで

・人を介した水管橋の点検。
・点検困難箇所（危険個所含む）はロープワークやボート等活用。
・点検足場（歩廊等）がない場合、足場を設置し点検。
・打音、触診、部材の内部点検。

これから

・１次点検をドローンにて実施。
・点検調査にて得た情報をもとに、修繕対応。
・AI分析による効率的かつ精度の高い点検実施。
・ドローン調査困難箇所のみ、従来の点検手法にて２次点検対応。
・人を介した点検調査範囲は縮小。



実証実験の内容・結果

鏡川水道橋

通水管塗膜劣化変色錆

国分川水管橋

空気弁漏水

鏡川水道橋

吊り材下部保護カバー錆腐食穴あき

国分川水管橋

空気弁台座錆・穴あき

鏡川水道橋

空気弁保護カバー錆腐食

国分川水管橋

上部工主構部鋼材・錆

その他（特記事項）

●申請先
（河川管理者）
高知県 土木部 河川課 管理担当 様
（道路管路者）*国分川水管橋のみ
高知市 道路管理課

フィールド提供事業体からのコメント

・今回，点検に使用したドローンは，対象物に50cm程度まで接近可能な事に加えて，高性能カメラが搭載されていた。このため，ドローンで撮影された画像及び動画からは，管本体や空気弁の錆などの変状に加えて，目視では確認しづらいアーチ部の上部及び下部，吊り材の溶接部，振動防止金具，ケーブル取り付け部などの状態も鮮明に確認できた。また，ドローンによる点検は，少人数・短時間（両橋ともに撮影時間は５時間程度）で安全に作業が完了し，点検における「安全性の向上」と「作業時間の効率化」を実感した。
・設置状況，構造及び橋長など，水管橋によって条件は様々ではあるが，今回ドローンによる点検を行った２橋においては，目視点検項目について，従来の点検手法と同等もしくはそれ以上の成果が得られ，ドローンによる点検に問題なく置き換えが可能であると感じた。一方で，ボルト・ナットの緩みや，空気弁・吊り材保護カバーなどの内部状況については，ドローンによる点検では確認できないことから，従来の点検手法と役割分担を行うことにより，効率的かつ効果的な点検が行えるものと考えている。

問い合わせ先

担当部課名	NTTビジネスソリューションズ株式会社　バリューデザイン部バリューインテグレーション部門　ソーシャルイノベーション担当			
所在地	大阪市都島区東野田町4-15-82　NTT WEST i-CAMPUS B棟9F			
電話	06-6335-9406	FAX	E-Mail	vd-jiw-coordinate-ml@west.ntt.co.jp’

4.2.2　橋梁添架形式（第2回 実証実験）

豊橋水管橋

実証実験参加企業	実施企業：三信建材工業株式会社 協力企業：株式会社NJS、コスモ工機株式会社、大成機工株式会社、株式会社多久製作所、株式会社デック、株式会社日水コン	
実証実験の目的	道路橋の桁下に添架された水道管の目視点検の代替としてドローンを活用し、腐食・防食機能の劣化等の点検の検証。非GNSS環境下でも安定した飛行が可能となるVisualSLAM搭載のドローンで、河川上の径間を目視外飛行し、撮影可能範囲や撮影精度の確認と、取得したデータから点検調書の作成、3次元モデル・オルソモザイク画像の生成、一元管理モデルの構築を行い、その有用性の検証も行う。	
フィールド提供事業体	豊橋市上下水道局	
フィールド水管橋	名称	豊橋水管橋（上下線）
	形式	橋梁添架形式
	橋長	186m（片側）
	径間数	4径間（上下線とも）
	口径	300㎜
	布設年度	昭和57年（1982年） 昭和60年（1985年）
	歩廊の有無	無
	架空対象	河川、河川敷歩道
	管理者	豊橋市上下水道局
	塗装の種類	弱溶剤系ポリウレタン樹脂塗料
	塗替え履歴	無し
	耐震補強履歴	無し
	周辺の環境	河川横断（河川沿いに歩道あり）

使用機器等

メーカー	Skydio
機体名	SkydioX2E
寸法	663mm×569mm
高さ	211mm
重量	約 1.3kg
ﾊﾞｯﾃﾘｰ仕様	約 8,200mAh、×1 本
安全装置	Visual SLAM による距離制御
カメラ	本体一体型カメラ

実証内容の概要

【実施概要】
- 非GNSS環境対応型ドローン「SkydioX2E」による、橋梁添架管（桁間）の動画撮影
- 橋脚をまたぐ目視外飛行により、1フライトで複数径間の撮影（図1）
- 橋梁横桁の下フランジ等で死角が生じないよう、図2の通りカメラを斜め上方向に向け、往復飛行（進行方向を反転）
- 長距離飛行（100m以上）の際の電波状況を確認
- 撮影した動画から切り出した静止画をPC上で目視し、損傷部を検出できること、死角の有無を確認
- 取得したデータから点検調書の作成と一元管理モデルの作成

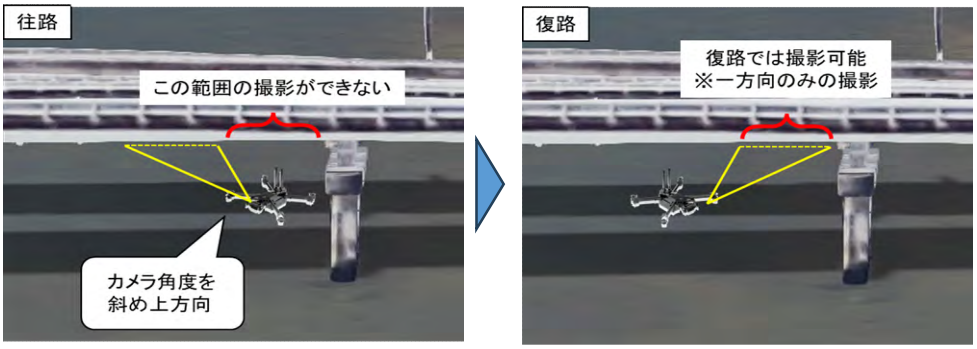


図2　カメラ角度

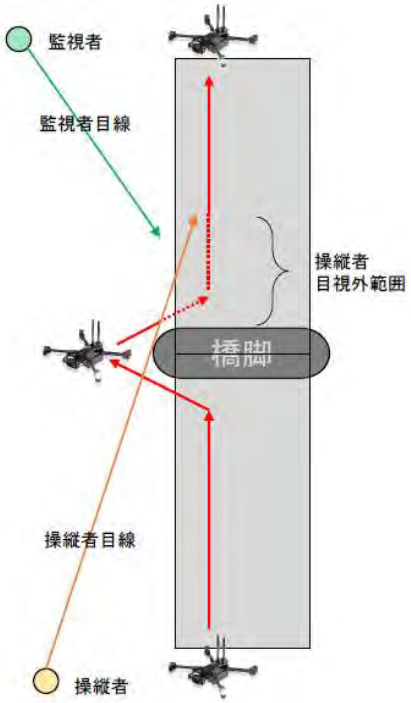


図1　飛行経路図（平面図）

新技術の特徴

【技術概要】
- GNSS環境下、非GNSS環境下ともに安定した飛行が可能なドローン「SkydioX2E」により、対象構造物全体を静止画、または動画で撮影を行い、取得したデータから損傷箇所の検出と図面記録を行う。

【ドローン機体の特徴】
- 非GNSS環境下でも安定した飛行が可能となるVisualSLAM制御を搭載
  ⇒橋梁桁下でも安定した飛行、撮影が可能
- 全方位衝突回避機能の搭載により、障害物を検知すると、AIがより安全なルートを選択し回避

【解析作業の特徴】
- 撮影した画像を合成し、図面に合成画像を貼り合わせることで、損傷位置や規模を高精度に計測可能
- コンクリート構造物のひびわれは、0.1mm幅のひびわれから検出可能で、AIによる自動検出も可能
- 撮影した画像データから3次元モデルの復元やオルソモザイク画像の生成と、3次元モデル上で点検結果を管理できる一元管理モデルの作成が可能

【適用条件】
- 3m四方の離着陸スペースの確保
- 対象構造物の下端と、地面もしくは河川水面との離隔が4m以上
- 上空に送電線、また周囲に電波塔が存在する場合は、要現地確認
- 飛行範囲に第三者立ち入りの可能性がある場合は、立ち入り規制が必要（道路の一時規制など）
- 橋梁添架管の場合、桁間添架であれば管体の上面、横添架であれば管体の側面は撮影困難
  ※ポールカメラ等を用いて撮影可能（地上から高さ10m以下に限る）

実証実験の内容・結果

【実施結果】

- 1径間の撮影にかかった飛行時間は、約15～20分
  ⇒上下線の全径間（計400m）の点検にかかる想定時間は、約0.5日
- 河川上の径間の飛行において橋脚を跨ぐ目視外飛行の際に、対岸側に監視者を配置し、監視者からの機体目視により目視外飛行を実施（図3）
- カメラ角度を斜め上方向に向け、往復飛行することにより上面を除いて十分な撮影が可能（図4）
- 操縦者から約100m離れた位置（3径間目）で、機体が橋脚の陰に入ると電波の通信強度が低下するため、両岸からの飛行が必要（図3の通り、作業当日は対岸の飛行は未実施）
- 動画から静止画を切り出し、損傷部の確認と、3次元モデルの構築、オルソモザイク画像を生成
- 画像解析ソフトウェアにより、図面にオルソモザイク画像を貼り合わせ、その画像上で損傷部をトレースする（なぞる）ことで、損傷部の規模と位置を高精度に記録することが可能
- 従来点検と同様の点検記録（図5）に加え、3次元モデル上にオルソモザイク画像や損傷写真等をリンク付けした一元管理モデルを生成することで、状況把握が容易となる（図6）

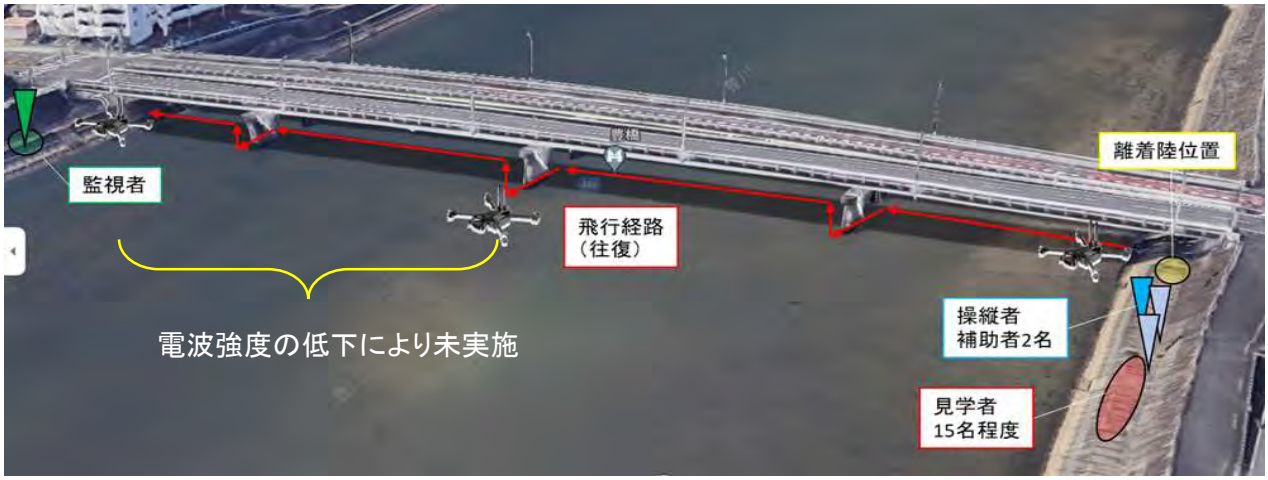


図3　飛行経路、人員配置

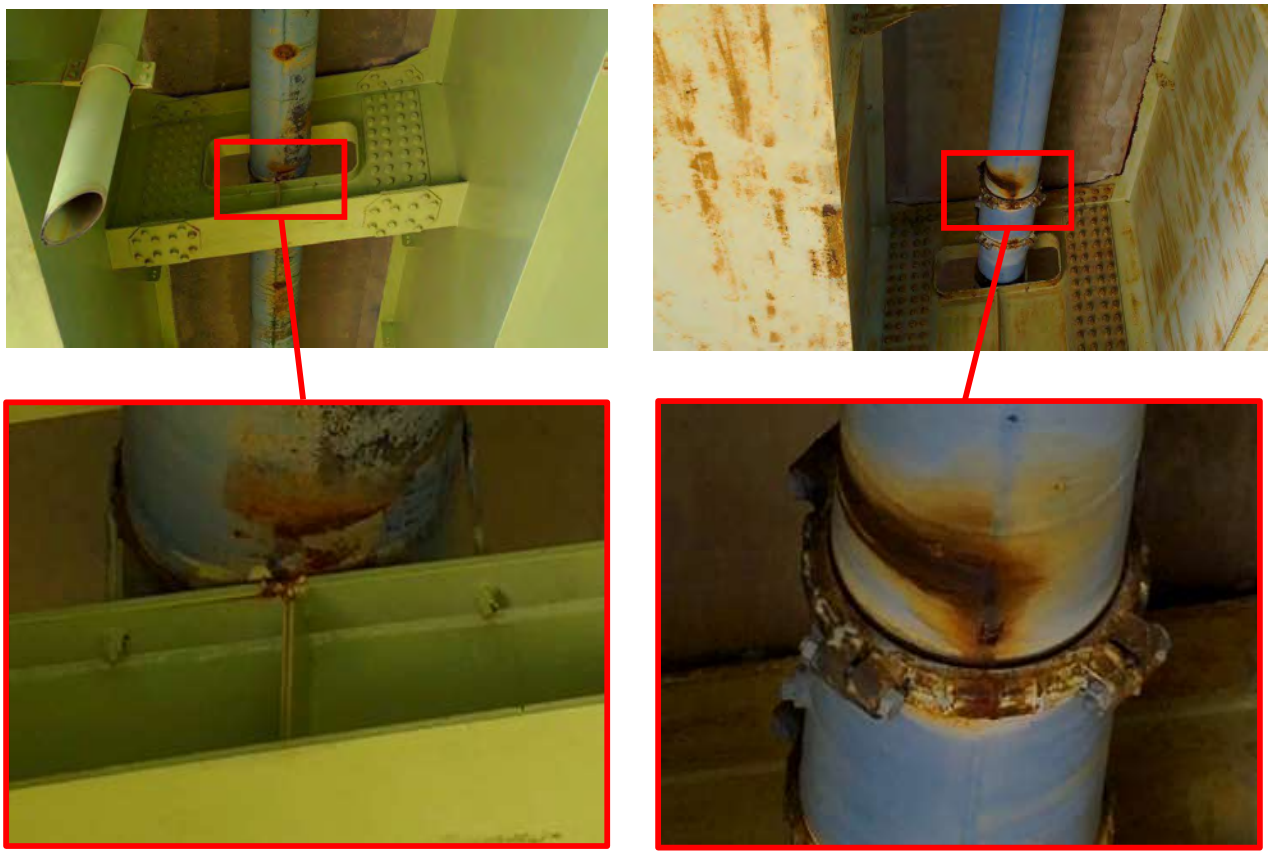
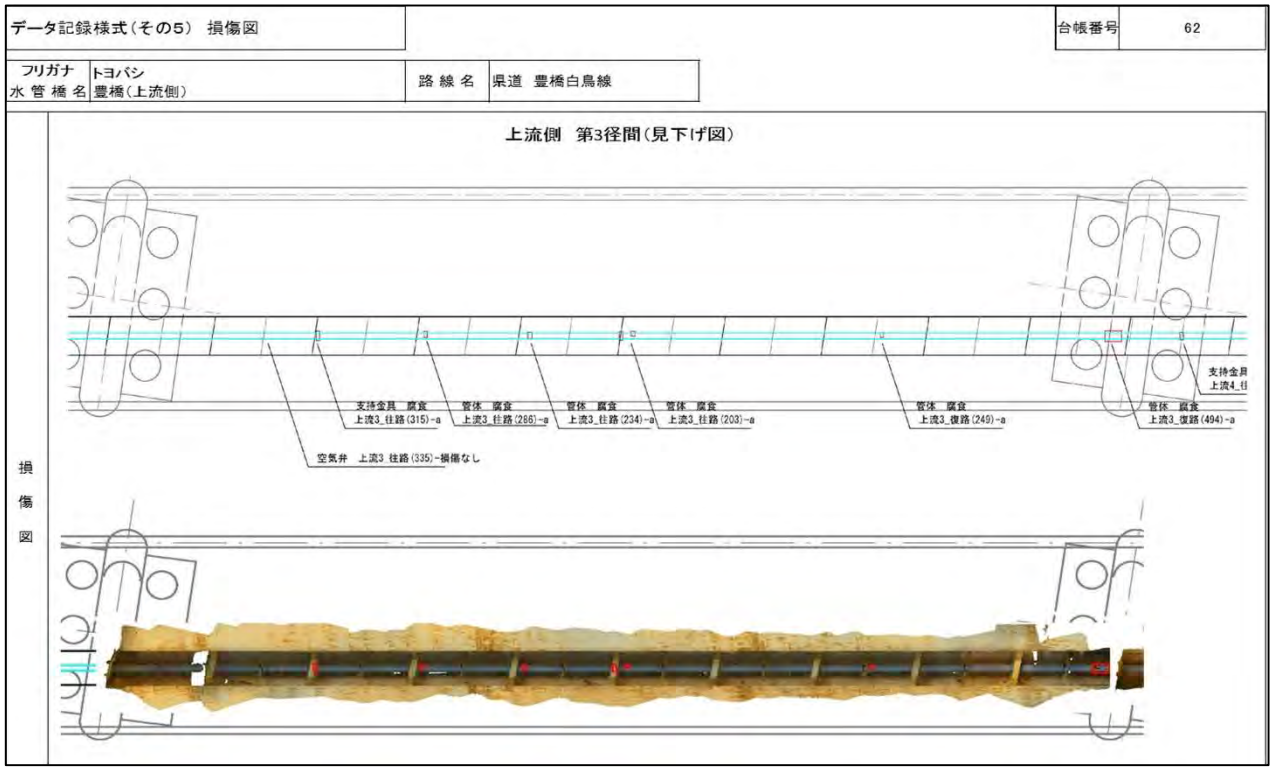


図4　損傷検出画像例



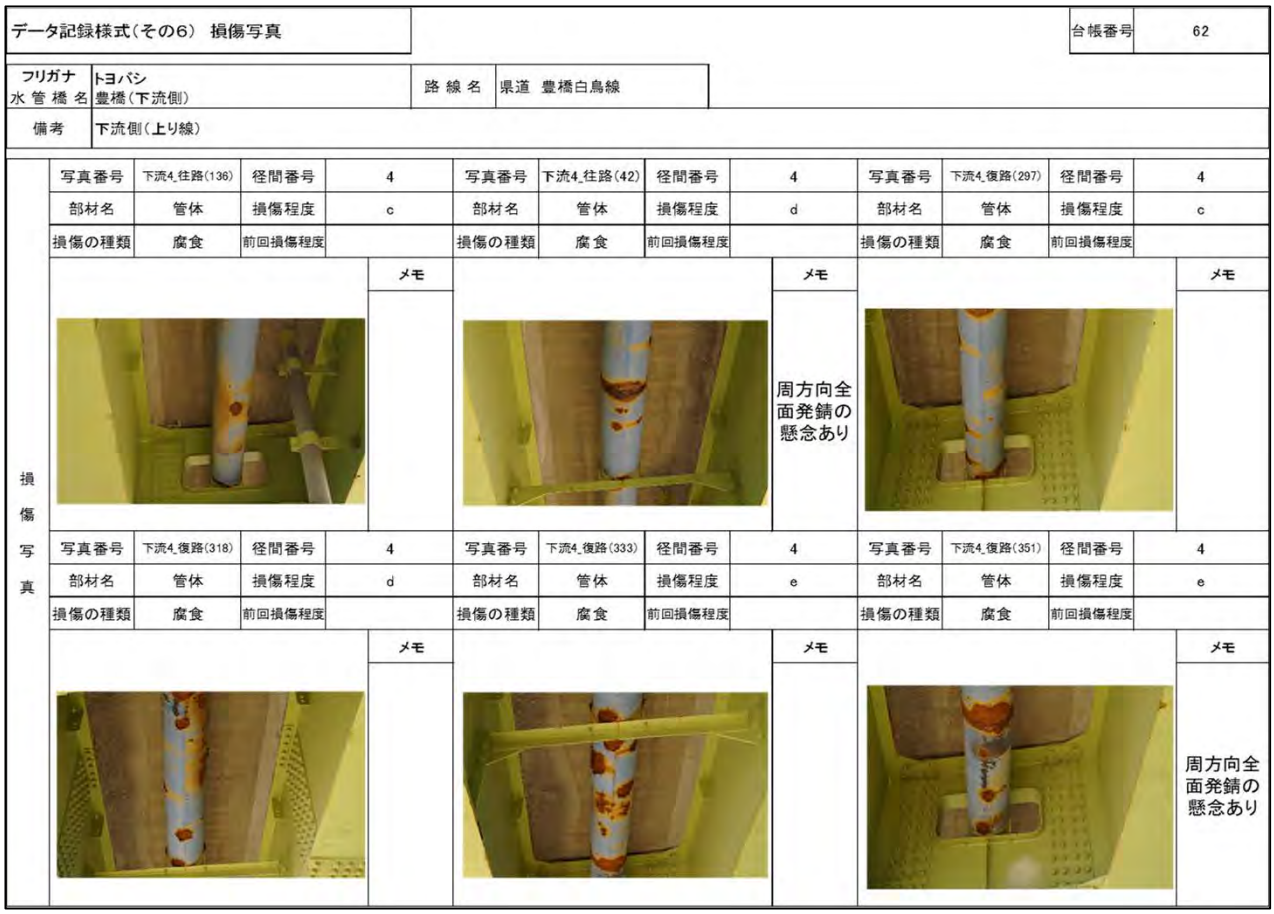


図5　点検記録
（上：損傷図、下：損傷写真）

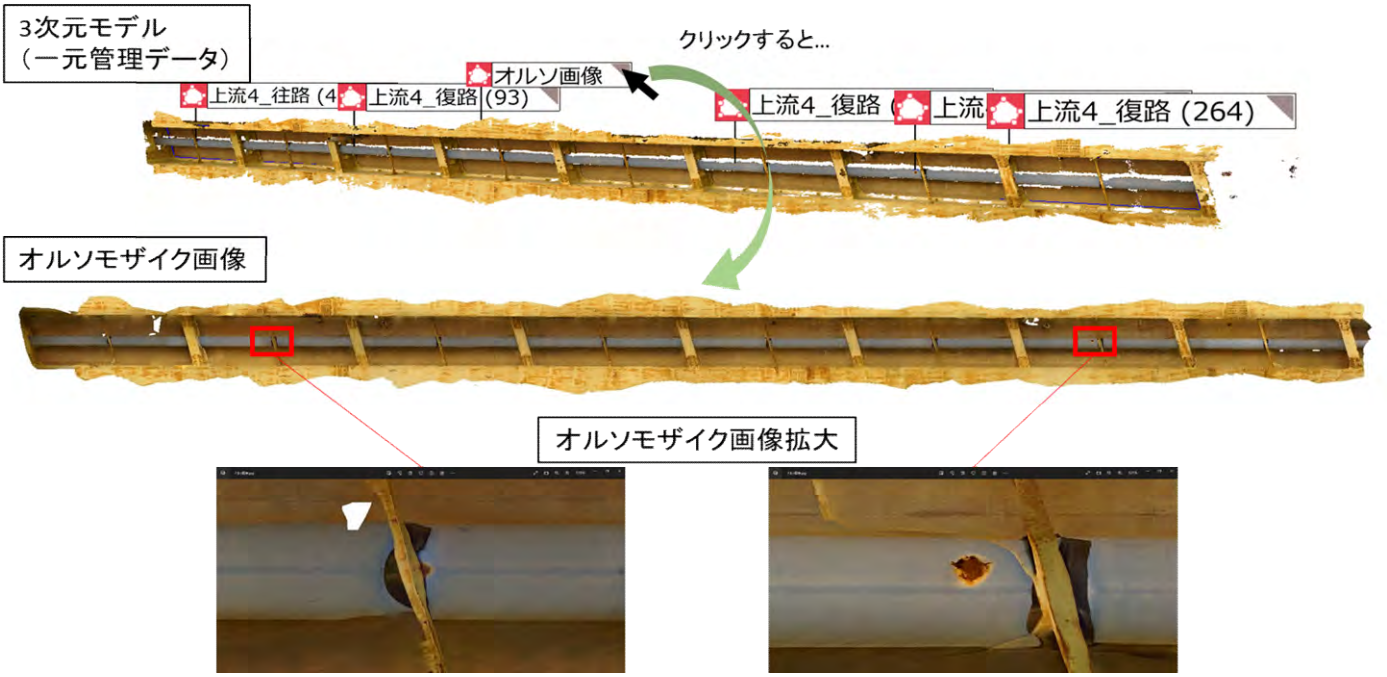


図6　3次元モデル、オルソモザイク画像、一元管理

図7　作業状況写真

図8 ドローン撮影画像例

その他（特記事項）

- 河川管理者への届出が必要であった。
- 道路橋の桁下での飛行となるため、橋梁の管理者へ飛行する際の届け出の要否を確認し、結果的に不要であったが、飛行する目的、日時等は電話にて事前報告
- 河川が干潮の時間に潮干狩りに来られる方が多数おり、河川内は第三者立ち入り規制ができないため、飛行範囲及びその周囲に人がいなくなってから飛行するなど、想定以上の時間が掛かった

フィールド提供事業体からのコメント

- 本水管橋は多径間の水管橋であり、遠方目視での点検では確認できる範囲に限界があった。しかしドローンを使用して点検を行うことで、これまでは確認が困難であった橋脚周りや、支持金具などの付属物を鮮明に確認することができた。
- 今回の実証実験の結果より、日常点検や基本調査（触診、打音が必要な場合を除く）でのドローンの有用性を確認できた。ただ、管体上部の腐食や、空気弁については、一部確認はできたものの、診断を行う上ではもう少し状態が確認できると、より精度の高い点検につながるのではないかと感じた。

問い合わせ先

担当部課名	三信建材工業株式会社　開発室				
所在地	愛知県豊橋市神野新田町字二ノ割３５－１				
電話	0532-34-6066	FAX	0532-33-7155	E-Mail	kaihatsu@sanshin-g.co.jp

4.2.3　ローゼ補剛形式（第2回 実証実験）

荒川水管橋

実証実験参加企業	実施企業：株式会社ミライト・ワン（フライト協力：株式会社ミラテクドローン） 協力企業：株式会社管総研、コスモ工機株式会社、株式会社日水コン、 日本ビクトリック株式会社	
実証実験の目的	ガイドラインの改正で定期的な点検が必要とされる方向である水管橋において、ドローンを活用した点検の有効性を確認すること。	
フィールド提供事業体	埼玉県企業局	
フィールド水管橋	名　　称	荒川水管橋
	形　　式	ローゼ補剛
	橋　　長	1101m
	径　間　数	14径間
	口　　径	Φ1200mm×2条
	布設年度	昭和59年（1984年）
	歩廊の有無	有
	架空対象	河川
	管　理　者	埼玉県企業局
	塗装の種類	ポリウレタン樹脂塗料
	塗替え履歴	平成14・15年（2002・2003年）
	耐震補強履歴	平成12・13年（2000・2001年）
	周辺の環境	田園地帯（畑、グランド用地等）

使用機器等

①ドローン空撮機体

使用機体：DJI　MATRICE300RTK

項目	内容
飛行時間	55分
最大速度	23m/s
カメラ	４K1,200万画素
サイズmm	810×670×430
重量	6.3Kg
ペイロード	2.7kg
IP４５	雨天時利用可
耐風性能	15m/s
障害物検知	全方向

ZENMUSE H20

項目	内容
ズームカメラ	光学23倍 デジタル200倍
広角カメラ	対角視野82.9°)
サーマルカメラ	波長帯：8-14 μm
レーザ 距離計	(3~1200m)

◎飛行時間が長い（最大５５分、実行３５分）　⇒広域をバッテリー交換無しで連続点検可能
◎耐風性能、対雨性能が高い（ＩＰ４５）　⇒定期時、緊急時に悪天候でもフライト可能
◎高性能カメラ　（最大２３倍ズーム、赤外線一体型）　⇒様々なミッションに１台で柔軟に対応可能
◎グリッド撮影機能　⇒大型建物、施設点検時の効率的撮影が可能

②ＡＩ解析『ひびみっけ』

社会インフラ画像診断サービス
ひびみっけ

橋梁・トンネルなどのコンクリート構造物の点検を支援する画像計測技術として**国土交通省の「点検支援技術性能カタログ」に掲載。**

- 多数の自治体・管理会社さまより推奨いただいているので安心して使用可能
- 富士フイルムの医療画像解析技術を応用展開した高精度検出
- ひびわれの編集機能で検出結果の編集が可能
- 日本全国の膨大な数の損傷画像を使った継続的なAI学習による精度改善

③管理ツール『Photoruction』

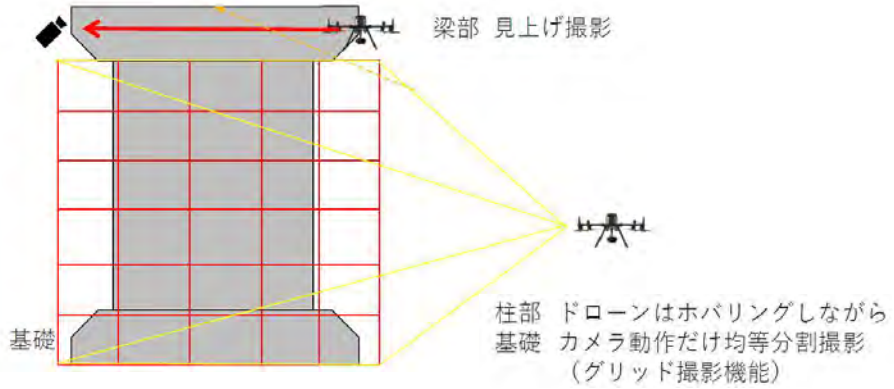
写真管理からBIM　オールインワンで生産性向上

Photoructionは建設生産に関する業務をソフトウェアで効率化します。 大量の写真管理もスマートフォンやタブレットから撮影するだけで自動整理。 電子黒板や台帳の作成も簡単に行えます。

実証内容の概要

水管橋での目視点検から置き換えるドローンでの撮影業務において、静止画・動画においての作業日数、撮影データ量について検証する。

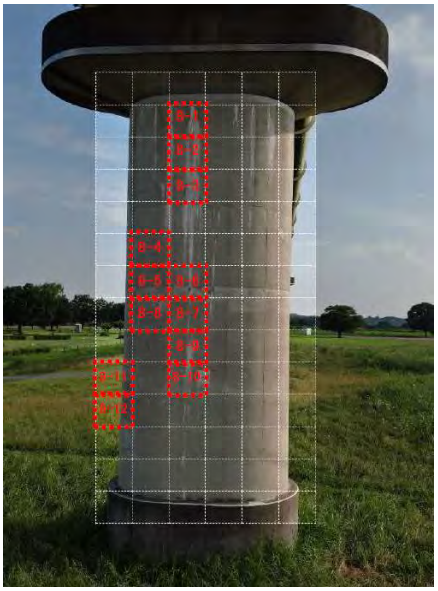
①機体の特徴を活かしたグリット撮影を活用し効率化を図った撮影について紹介



②AI解析技術として「ひびみっけ」にてひびの状況を解析
③写真を取り込むことで容易に台帳管理が可能となる「Phtoruction」の活用

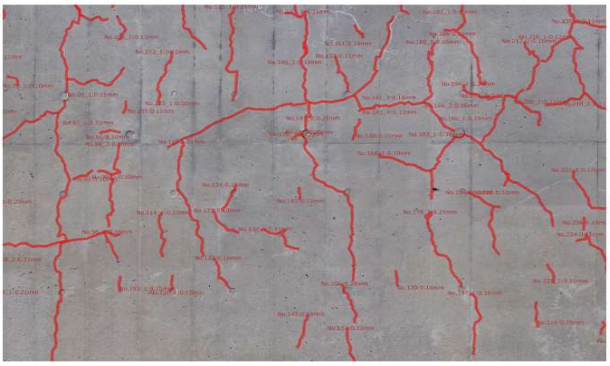
新技術の特徴

①MATRICE300と言う機体は光学23倍のズームが可能となり
遠くからの撮影ポジションになっても近視撮影と同様の画像が撮影可能。
飛行場所が限定されり場合でも、点検における必要な近視画像が取得できることと、風により撮影対象物に衝突などのリスク回避にも繋がり安全面においても有効である。
定点にてホバリングしながら均等分割撮影（グリット撮影）機能があり特徴点の少ない橋梁などの鋼構造物において有効な機能

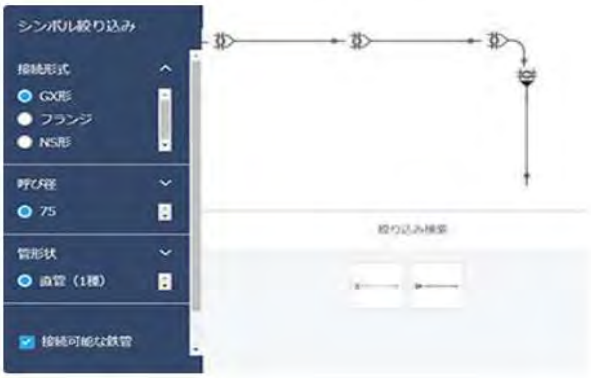


②富士フイルムの「ひびみっけ」は国土交通省の「点検支援技術性能カタログ」に掲載されおりコンクリート構造物の点検では1200社以上が利用されているひび解析ソフト

検出前


検出結果

③「Photoruction」は工事写真台帳や現場野帳などを写真や図面から簡単に作成することが可能。
作成した書類は後から編集したり、ExcelやPDFで出力したりすることもできます。
ミライト・ワンではPhotoructionwater（水道管工事に特化した施工管理システム）も開発販売。
photoructionをベースに、配管詳細図の作成や継手のチェックなど、水道管工事に特化した独自の機能を備えています。



配管詳細図の作成

継手のチェック

実証実験の内容・結果

【撮影について】
作業前準備　：機材配置及び安全ミーティングに30分
撮影時間　　：５時間３０分
撤収時間　　：３０分
人員配置　　：操縦者１名　補助者２名　計３名体制

この実証実験では、上部工２径間、橋台1基、橋脚2基を対象に撮影。
水管橋全体を撮影した場合は想定38時間30分となり7日間の作業日数を要することが判明。
かなりのデータ量となる。データの圧縮などの検討が必要→第3回実証にて検証

項目		動画撮影時間		撮影枚数		データ容量（GB）	
部位	数量	単数	全数	単数	全数	単数	全数
橋台	2	57:00	1:54:00	—	—	36.7	73.4
上部工	14	51:30	12:01:00	—	—	30.4	425.6
下部工梁部	13	12:00	2:36:00	—	—	7.2	93.6
下部工柱部	13	—	—	272	3536	2.4	31.2
総計			16:31:00		3536		623.8

FHD
想定値

項目		動画撮影時間		データ容量（GB）	
部位	数量	単数	全数	単数	全数
橋台	2	57:00	1:54:00	9.2	18.4
上部工	14	51:30	12:01:00	7.6	106.4
下部工梁部	13	12:00	2:36:00	1.8	23.4
下部工柱部	13	08:00	1:44:00	1.2	15.6
総計			18:15:00		163.8

データ容量は４分の１に圧縮、品質比較要

静止画
想定値

項目		撮影枚数		データ容量（GB）	
部位	数量	単数	全数	単数	全数
橋台	2	2008	4016	13.7	27.4
上部工	14	1804	25256	12.3	172.2
下部工	13	708	9204	4.9	63.7
総計			38476		263.3

本実証よりラップ率を半分程度にして効率化
総枚数21,376枚、データ量146.3GB

	従来目視点検		ドローンでの点検	
	メリット	デメリット	メリット	デメリット
コスト	・職員で対応している場合コストは職員労務費のみ	・足場組立費用、橋梁点検車等必要な場合費用が高額になる ・交通規制の関係で夜間作業になる場合がある	・現地作業は短時間化が可能 ・動画、静止画の今後に活用できるデータが蓄積できる	・実施場所によっては申請先が複数に及び事前稼働が発生 ・環境により適したドローンの種類が異なり、搭載カメラの性能も様々なことから複数のドローンの使用が求められる場合がある
対応時間		・足場組立、撤去作業等により工期が長くなる場合がある ・交通規制が必要な場合、使用許可に条件が付き実施出来る日程に制限がかかる場合がある	・現地作業は短時間化が可能 （ただし、パイロットスキルや使用する機体により作業時間に差が出る）	・後工程、データ整理や画像確認に時間を要する 特に動画データは切り抜き作業に時間を要する
品質	・複数人で同時に作業することでダブルチェックが出来る ・打診、触診が出来る	・評価に個人差が生じる	・複数の評価者で確認が可能となる ・人が目視出来ない場所も撮影が可能 AI解析なども活用することで評価精度が上がる可能性がある 静止画はデータにGPS座標があるため、撮影位置特定や経年比較撮影が出来る	・打診、触診が出来ない ・使用するドローンや搭載するカメラの性能が様々であり、標準化する場合はデータ形式や画質等に一定の基準が必要となる
安全		・足場の活用やロープワークでの点検は高所にありリスクが高くなる ・水面高さが低い場所では河川に入っての作業が発生する	・高所などのリスクがない	・通信環境や視認性の周辺環境により、墜落のリスクがある
周辺への影響		・交通規制が必要な場合、交通渋滞などの影響がある		・通行人から警察へ通報されるケースもある
今後の活用			・データを残すことで後に検証も可能であり、活用用途が拡大する	・データ容量が膨大になることが予想され、保存方法の検討が必要
その他				・法規制によっては飛行出来ない場合もある

【ひびみっけ解析結果】
　0.1mmのひびも検出できている。

【Photoruction】
　さびやひびなどの不具合箇所を地図上にプロットし画像を連携。現場調査野張を瞬時に作成することが出来た

その他（特記事項）

①作業実施にあたり、操縦者（パイロット）1名、補助者２名の３名体制で実施する。
②飛行経路毎の実施において、事前に飛行ルートの意思確認及び、フェールセーフルールのミーティングを実施し作業にあたる。
③飛行中、気流変化や機体制御が不安定になった場合は速やかに飛行を中止し安全なエリアまで退避あるいは着陸させる。
④作業開始前に離陸ポイントでの風速を計測し、機体の耐風性能以下の風速を基準として、飛行可否を操縦者が判断した上で飛行を開始する。
⑤原則として、水管橋を中心とした半径３０m以内での飛行を前提とし、必要以上の離隔を取らない。
⑥当日の作業開始前には、航空法に則り、「無人航空機の日常点検記録」を実施する。
⑦河川管理用道路越しやパーターゴルフ場等近辺のため、補助員１名は人や車両通行の監視及び誘導に専念させる。

申請先及び確認先：航空局、国土交通省荒川上流河川事務所（熊谷出張所）、
吹上荒川総合公園（コスモスアリーナふきあげ）、鴻巣警察署

フィールド提供事業体からのコメント

- ローゼ補剛形式の大規模な水管橋については、目視ではアーチ材や吊り材の上部側において死角や見えにくい箇所が存在します。
- そのすべてを確認するには従来では仮設足場を組む手法が考えられるが、今回ドローンを使用した調査を視察した結果、調査期間がかなり短縮できることを実感しました。

問い合わせ先

担当部課名	株式会社ミラテクドローン　営業本部西日本営業部				
所在地	本社：東京都品川区荏原1-20-10　神戸事務所：神戸市東灘区向洋町西3-1-10				
電話	078-940-0307	FAX	03-6700-6510	E-Mail	mtc-drone-alliance@mirait-one.com

4.3.1　橋梁添架形式（第3回 実証実験）

吉田大橋水管橋

実証実験参加企業	実施企業：三信建材工業株式会社 協力企業：株式会社NJS、コスモ工機株式会社、株式会社多久製作所、株式会社デック、株式会社日水コン	
実証実験の目的	道路橋の桁下に添架された水道管の目視点検の代替としてドローンを活用し、腐食・防食機能の劣化等の点検の検証。対象範囲全面の動画撮影に加え、リアルタイム映像で劣化部を確認し、その場で図面への記録と静止画撮影（重点撮影）を行うことで、内業の負担削減が可能であるかを確認。また、管体上面や空気弁をポールカメラで撮影し、点検に資するデータの取得が可能か確認する。	
フィールド提供事業体	豊橋市上下水道局	
フィールド水管橋	名　　称	吉田大橋水管橋
	形　　式	橋梁添架形式
	橋　　長	272m
	径　間　数	7径間
	口　　径	300㎜
	布設年度	昭和45年（1970年）
	歩廊の有無	無
	架空対象	河川、河川敷歩道
	管　理　者	豊橋市上下水道局
	塗装の種類	弱溶剤系ポリウレタン樹脂塗料
	塗替え履歴	無
	耐震補強履歴	無
	周辺の環境	河川横断（河川沿いに歩道あり）

使用機器等

＜ドローン＞

メーカー	Skydio
機体名	SkydioX2E
寸法	663mm×569mm
高さ	211mm
重量	約 1.3kg
ﾊﾞｯﾃﾘｰ仕様	約8,200mAh、×1本
安全装置	Visual SLAM による距離制御
カメラ	本体一体型カメラ

＜ポールカメラ＞

メーカー	㈱ルミカ
機体名	BiRod7500
寸法	φ38mm
高さ	1.5m～7.5m
重量	1.6kg
安全装置	落下防止用フック
カメラ	RICOH「THETA V」or SONY「RX1RM2」or SIGMA「fpL」

実証内容の概要

【実施概要】

- 非GNSS環境対応型ドローン「SkydioX2E」による、橋梁添架管（桁間）の動画撮影
- リアルタイム映像で劣化部を確認し、発見した劣化部を重点的に静止画撮影＋図面記録
- ドローンでは撮影が困難な管体上面及び空気弁を、ポールカメラ（高解像度カメラ、360度カメラ搭載）で撮影
  ⇒ドローン撮影の補完が可能であるか確認
- 重点撮影時の図面記録を基に、点検調書の作成

図2　ポールカメライメージ

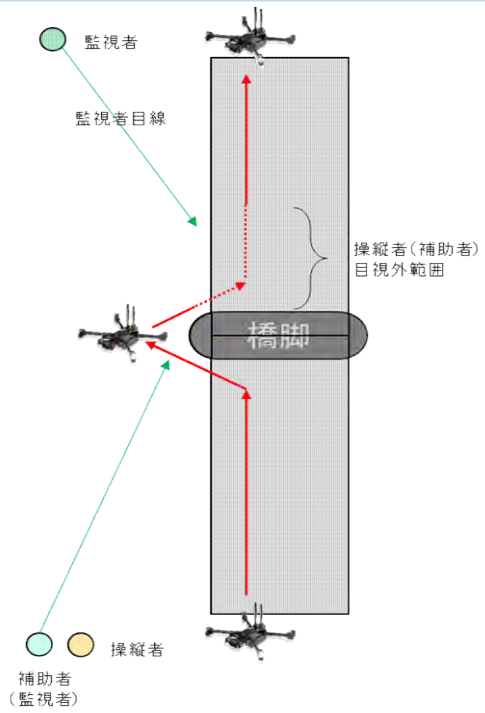


図1　飛行経路図（平面図）

新技術の特徴

【技術概要】

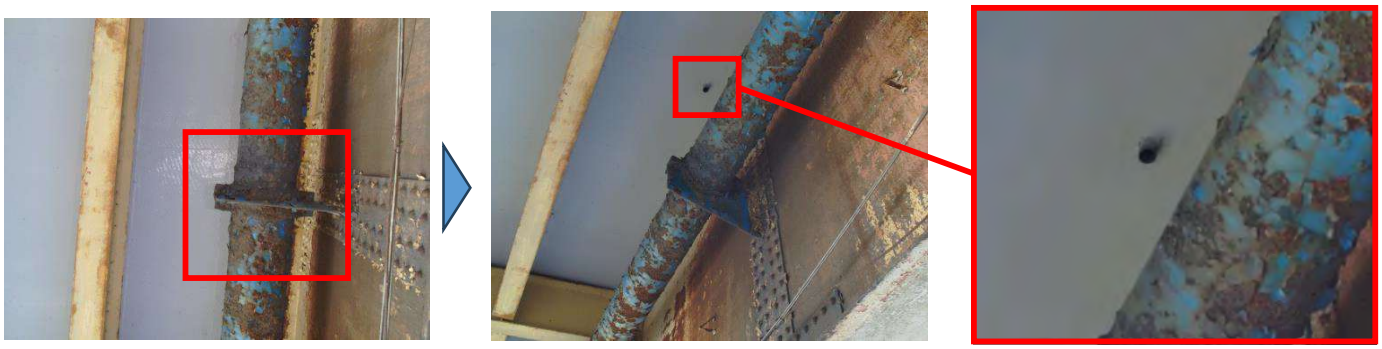
- GNSS環境下、非GNSS環境下ともに安定した飛行が可能なドローン「SkydioX2E」により、対象構造物全体を静止画、または動画で撮影を行い、取得したデータから損傷箇所の検出と図面記録を行う。ポールカメラは、最大11.5mまで伸縮するポールの先端に高解像度カメラや360度カメラを搭載し、遠隔操作でカメラの上下角度（360度）の調整とカメラのシャッターを切ることが可能。

【ドローン機体の特徴】
・非GNSS環境対応のVisualSLAM制御を搭載　⇒　橋梁桁下でも安定した飛行、撮影が可能
・全方位衝突回避機能の搭載により、障害物を検知すると、AIがより安全なルートを選択し回避する
【ポールカメラの特徴】
・最大11.5mの長さまで伸ばすことが可能
・先端に搭載するカメラは、1000g程度以下であれば搭載が可能
【解析作業の特徴】
・撮影した画像を合成し、図面に合成画像を貼り合わせることで、損傷位置や規模を高精度に計測可能
・撮影した画像データから3次元モデルの復元やオルソモザイク画像の生成と、3次元モデル上で点検結果を管理できる一元管理モデルの作成が可能
【ドローンの適用条件】
・3m四方の離着陸スペースの確保
・対象構造物の下端と、地面もしくは河川水面との離隔が4m以上
・上空に送電線、また周囲に電波塔が存在する場合は、要現地確認
・飛行範囲に第三者立ち入りの可能性がある場合は、立ち入り規制が必要（道路の一時規制など）
【ポールカメラの適用条件】
・足元が安定する陸上、もしくは水深80㎝程度以下の河川等
・30㎝四方の空間（搭載するカメラのサイズによる）

実証実験の内容・結果

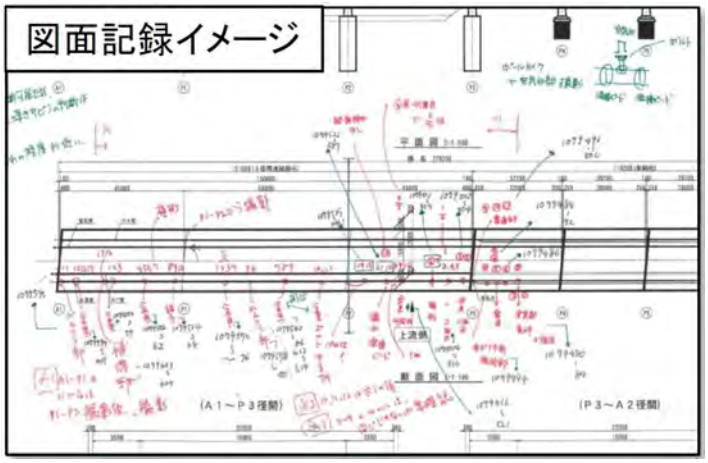
【実施結果】
・ドローンによる全径間（全面動画撮影及び重点撮影）の撮影時間は、約1.5時間
⇒機材搬入から撤収までの総作業時間は、想定で0.5日（空気弁のポールカメラ撮影含む）
・操縦者が撮影飛行中は目視外飛行（離着陸時は除く）を行ったため、両岸に機体目視をする補助者（監視者）を配置した（図3）
・重点撮影を行うことにより、動画撮影（真下撮影）だけでは見えない劣化状況や劣化因子を発見することができた（図4）
⇒重点撮影には、2名（映像確認1名、図面記録1名）増員が必要
・ポールカメラにより管体上面や空気弁の状況把握が可能となった
・オルソモザイク画像を生成し、現場で記録した劣化部を参考に解析ソフトによる劣化部図面記録を行った結果、現場での図面記録があることで、内業負担を半分程度に縮減できた（図5）

図3　作業区域、人員配置



腐食・汚れが目立つ箇所・・・　斜めから撮影すると橋梁の排水設備が真上にあることが分

図4　重点撮影による成果



・現場の図面記録から点検調書を作成
・内業が約半減

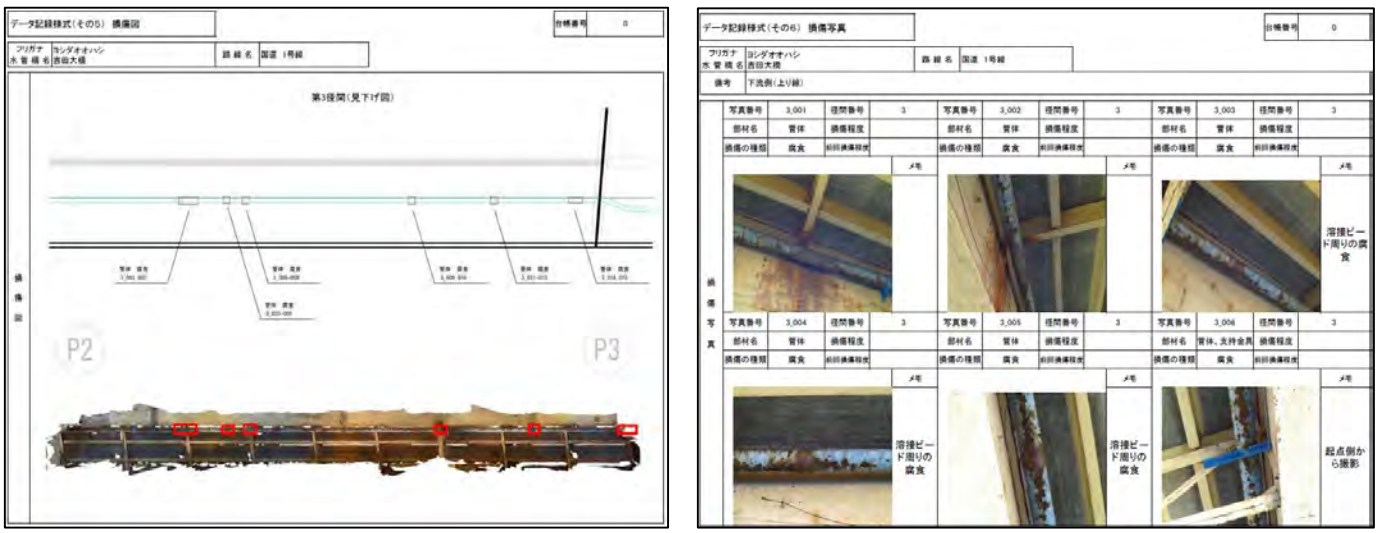


図5　内業の縮減

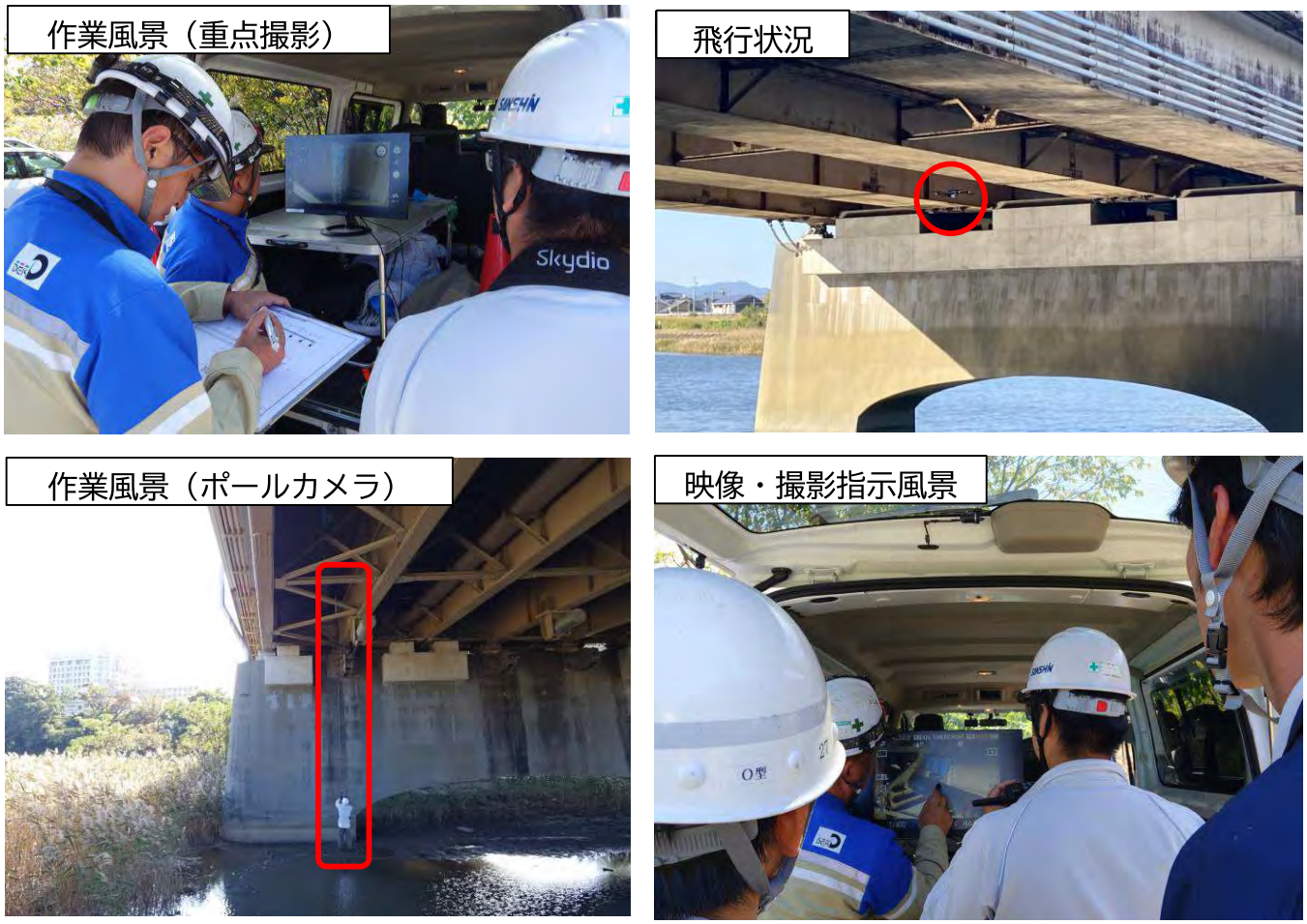


図6　作業状況写真

図7　ドローン撮影画像例

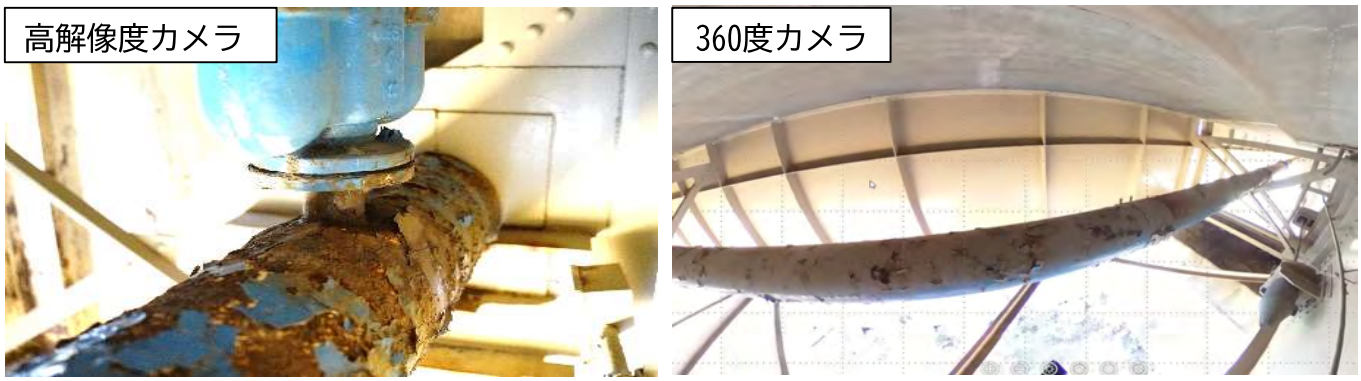


図8　ポールカメラ撮影画像例

その他（特記事項）

- 重点撮影の際に、操縦者が映像監視者と共に常に映像を見ながら操縦を行う目視外飛行となったため、両岸に機体監視者を配置した
- 空気弁が河川上空に位置していたが、水深が浅く流れも穏やかであったため、胴長を着用しポールカメラ撮影を実施した
- 当現場のすぐ傍に広場があり、ドローンの飛行に関する届け出や許可の要否を確認したところ、不要との確認が取れたため、作業当日は看板の設置や周囲の安全確認に十分注意し実施した
- 河川管理者への届出が必要であった
- 点検時に釣り糸が橋梁に引っ掛かっており注意を要した。

フィールド提供事業体からのコメント

- 今回の点検では、重点撮影を行うことで、現地で損傷程度、損傷要因を確認できた。この手法は正確な診断や、早急な修繕対応につながると考えられるため、維持管理を行っていくうえで効果があると感じた。また、今回はポールカメラを使用したことにより管体上部や空気弁、狭隘部が鮮明に確認することができた。
- 本水管橋の実証実験では、ドローンとポールカメラを組み合わせることにより、基本調査（触診、打音が必要な場合を除く）に必要なデータを十分に取得できたと思う。

問い合わせ先

担当部課名	三信建材工業株式会社　開発室				
所在地	愛知県豊橋市神野新田町字二ノ割３５－１				
電話	0532-34-6066	FAX	0532-33-7155	E-Mail	kaihatsu@sanshin-g.co.jp

4.3.2　橋梁添架形式（第3回 実証実験）

千代大橋水管橋

広瀬川水管橋

実証実験参加企業	実施企業：株式会社フソウ（フライト協力：ブルーイノベーション株式会社） 協力企業：コスモ工機株式会社、大成機工株式会社、株式会社日水コン、 日本ヴィクトリック株式会社		
実証実験の目的	橋梁添架管・支持材に対して、ドローンでの近接および自動飛行による点検が可能かを検証する。 ドローン等で撮影した画像から、AIにより劣化診断が可能かを検証する。		
フィールド提供事業体	仙台市水道局		
フィールド水管橋	名　　称	千代大橋水管橋	広瀬川水管橋
	形　　式	橋梁添架形式	ランガー形式
	橋　　長	310.00m	414.00m
	径　間　数	9	5
	口　　径	φ500mm×１条	φ1,100mm×2条
	布設年度	昭和40年（1965年）	昭和47年（1972年）
	歩廊の有無	無	有
	架空対象	河川、河川敷歩道	河川、河川敷歩道
	管　理　者	仙台市水道局	仙台市水道局
	塗装の種類	ー	フッ素樹脂塗料
	塗替え履歴	平成３年（1991年）	令和2年（2020年） 令和4年（2022年）
	耐震補強履歴	平成２４年（2012年）	平成23年（2011年）
	周辺の環境	河川横断（河川沿いに歩道あり）	河川横断（河川沿いに歩道あり）

使用機器等

ドローン：ELIOS3

項目	ELIOS 3
主な用途	目視点検、デジタルツインの構築(LiDAR・SFM)
取得データ	あらゆる可視データ、高精度3次元データ
飛行時間	12.5分(ペイロードなし) 9.1分(LiDAR搭載時)
サイズ	縦:38㎝、横:48㎝
搭載カメラ	可視カメラ(4K) 赤外線カメラ
明るさ	16,000ルーメン
飛行安定化	◎(SLAMにより安定)
飛行中の自己位置推定	○(3Dライブマップ・距離計・気圧センサー・簡易コンパス)
追加センサー搭載フレームが映りこみ	○(2ポート:LiDAR用、補助用) ◎(どの角度でも映らない)
3Dモデリング	◎(SFM・LiDARによる高精度測量)
通信システムのメーカー 通信の強度・範囲	Cubepilot社(オーストラリア) ◎(E2より通信距離が少し長い)

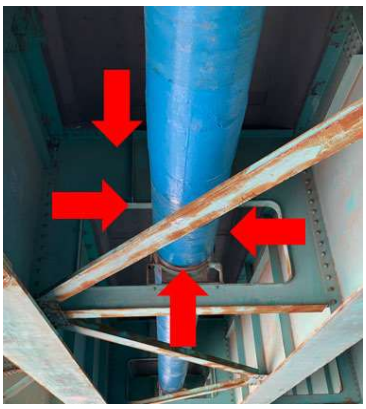
ドローン：BEP　Bridge1（開発機体）

項目	BEP Bridge1（開発機体）
主な用途	目視点検
取得データ	可視画像
最大使用時間	7分
搭載カメラ	可視カメラ（4K）
明るさ	搭載LED　1800ルーメン
飛行安定化	◎（LiDAR SLAMにより安定）
飛行中の自己位置推定	◎（LiDAR SLAMで推定）

AI用ツール：ノートPC（タブレット・スマートフォンでも可）

実証内容の概要

- ドローンにより水管橋の劣化診断を行う。橋梁添架管やトラス形式など、点検スペースが狭小な水管橋において、全方位ガードにより外側からだけでなく内側からも点検できるため、対象個所を上下左右から点検することが可能。
- 点検に必要な画質を確保するために対象に近接する際にドローンが対象物等と接触しても墜落せずに安定した飛行を継続可能。
- ドローンに標準装備された4Kカメラ・赤外線カメラ・LiDARにより、動画・静止画・赤外線画像・点群データが取得できるほか、飛行ログを用いて取得した点群データ内に飛行軌跡を表示することも可能。
- あらかじめLiDAR等で現場を点群モデル化した後に飛行ルートを設定しておけば、操縦者に依らず一定速度・一定高度で自動飛行することが可能。
- 水管橋の画像をAIに読み込ませることにより、汚れ・サビ等を3～4段階で評価することが可能。



AI

汚れ、外観、サビ、はがれ、われを3～4段階で判定

新技術の特徴

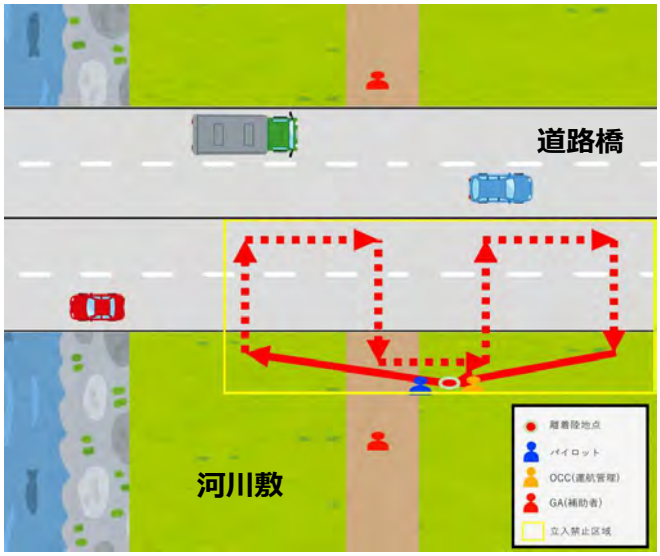
【特徴】

・全方位ガードにより飛行中に周辺物と接触しても墜落せずに安定した飛行を継続できるため、汎用ドローンでは難しい橋梁添架管やトラス形式など、点検スペースが狭小な水管橋の点検が可能。

・FPV（ドローンから見た視点）による飛行＋ 高照度のLEDによる撮影が可能で、目視飛行が難しい箇所、外光が遮断され十分な光量が確保できない箇所でも、鮮明な画像を撮影することができる。これにより、今までは足場等の設置が必要だった高所や目視点検が難しい橋梁添架管上面なども点検が可能となる。

・FPVの画像を外部モニタへの出力やタブレット等にミラーリング（画像共有）することにより、操縦者以外もドローンからの画像をリアルタイムに確認することが可能となるため、現場での劣化判断や記録作成に活用できる。

・ドローンは、安定した飛行を実現するために、GPS等のGNSSを活用している。
一方、橋梁添架管を点検する際は、橋桁等にGPS信号を阻害されるため非GNSS環境でも安定した飛行性能を有するドローンを選定する。
このようなドローンを選定した場合、飛行ルートがGNSS環境と非GNSS環境を跨ぐ際に操縦者にて操作する場合は問題ないが、自動飛行を行う場合は環境変化に対応してスムーズに制御を切り替える必要がある。
BEP bridge1は、このような状況下でも安定した自動飛行が可能となる。



・ドローンによる点検は、従来の目視点検に比べて点検可能箇所が増えることにより、点検時の撮影した画像データ確認時間の増加への対応検討が必要となる。
そのため、画像データをAIに読み込ませ「露出配管（水管橋等）～外面塗装劣化診断評価の手引き～日本水道協会、日本水道鋼管協会 著平成25年3月」に則っとり「汚れ・サビ等を3～4段階」で劣化診断を実施することで、大量のデータをスクリーニング（間引き）することが可能となる。これにより、劣化顕著な箇所および経過観察箇所を容易に判断することが可能となり、データ保管量を縮減することが可能となる。また、劣化度合いを定量評価が可能となるため、経過観察評価も容易となる。

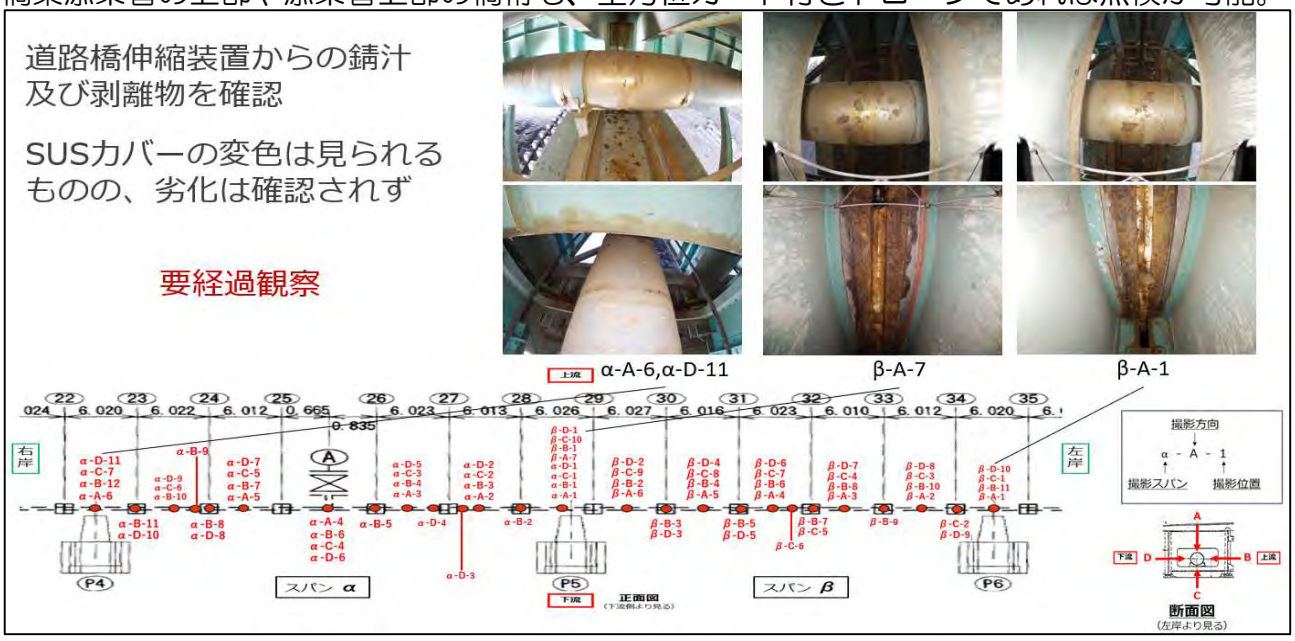
【留意点】

・留意点として、塗装の白亜化や膜厚測定は、現地で実施することが望ましい。
また、従来の目視点検に比べて点検可能箇所が増えることにより、点検時に撮影した画像データの保管やデータの確認時間増加への対応検討が必要となる。

実証実験の内容・結果

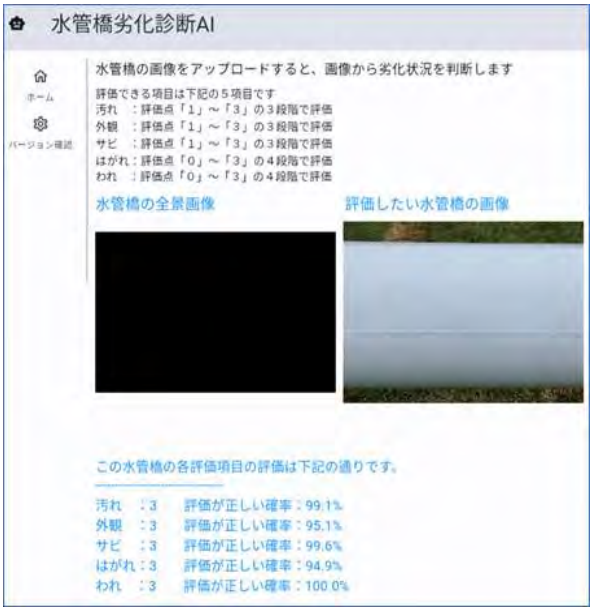
【実証実験の内容】
- 人員配置は保安要員を道路橋をはさんで上流側、下流側に１名ずつ配置した。
  パイロット１名に目視外飛行補助員１名を配置した。
- 撮影時間は桁下添架管の本管（２径間分）の撮影に約２時間を要した。
  テストフライト、AI検証、準備・撤収の時間を合わせると約５時間であった。

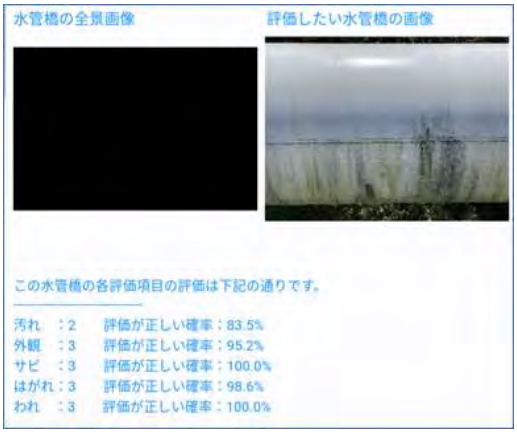
【実証実験の結果】
- 橋梁添架管の上部や添架管上部の橋桁も、全方位ガード付きドローンであれば点検が可能。



- 連続した径間を点検する際には、発着点（GNSS）→橋梁下（非GNSS）→径間移動（GNSS）→橋梁下（非GNSS）→発着点（GNSS）とGNSS環境が断続的に変化する環境下でも、あらかじめ設定した飛行ルートに従い自動飛行による水管橋の撮影ができた。

- 水管橋の画像からAIにより水管橋の劣化状況を診断し、「露出配管（水管橋等）～外面塗装劣化診断　評価の手引き～　日本水道協会、日本水道鋼管協会　平成25年3月」における4段階評価（0：よごれは著しい、１：中程度のよごれあり、２：ややよごれあり、３：よごれはほとんどなし）のうち、１から３の3段階評価が可能であることを確認した。
  なお、よごれが著しい0段階については、塗替えからの経過年数が短く該当がなかった。





その他（特記事項）

【注意事項】
- 屋外での撮影のため、太陽光を意識した（逆光では撮影しにくい）飛行計画を立案したほうが良い。
- 風速が5m/s以上、もしくは雨天や霧などにより十分な視界が確保できない場合は、飛行できない。
- FPVでの飛行や、自動飛行で操縦者の目視外で飛行を行う場合は、必要数の補助者を配置する必要がある。
- 第三者の立ち入りを制限する旨の看板やコーンのほか、補助者の配置により、飛行範囲に第三者が立ち入らないように安全を確保する必要がある。

【許可申請先及び申請に要した期間】
- 仙台市水道局
- 東京航空局（２週間程度）
- 東北地方整備局 仙台河川国道事務所 名取川出張所（2日程度）
- 国土交通省DIPS2.0（当日の朝に通報）

フィールド提供事業体からのコメント

- 当初の目的である非GNSS環境下においても、自動でドローンを飛行させ、点検が可能であった。
- 通常の点検では、直接目視できない狭隘部においても、ドローンによる撮影ができたのは非常に有効であった。
- 上記２点において、十分に目的が達成できた。
- AIについても、水管橋の塗替時期の違いが２年間でも如実に数値として表れており驚いている。
  今回実証実験を実施した水管橋は塗替えからの経過年数が短いため、著しい汚れや錆等の検証をしていないので、今後も、引き続き検証していく必要がある。

問い合わせ先

担当部課名	株式会社フソウ　ソリューションデザイン事業部				
所在地	東京都中央区日本橋室町２－３－１				
電話	03-6880-2119	FAX	03-6880-2208	E-Mail	s.tanaka@fuso-inc.co.jp

4.3.3　パイプビーム形式（第3回 実証実験）

生野橋水管橋

実証実験参加企業	実施企業：株式会社ミライト・ワン（フライト協力：株式会社ミラテクドローン） 協力企業：株式会社管総研、コスモ工機株式会社、大成機工株式会社、株式会社日水コン	
実証実験の目的	ガイドラインの改正で定期的な点検が必要とされる方向である水管橋において、ドローンを活用した点検の有効性を確認すること。	
フィールド提供事業体	神戸市水道局	
フィールド水管橋	名　　称	生野橋水管橋
	形　　式	パイプビーム
	橋　　長	86.3m
	径　間　数	5径間
	口　　径	Φ700mm×1条
	布設年度	昭和59年（1984年）
	歩廊の有無	無
	架空対象	河川
	管　理　者	神戸市水道局
	塗装の種類	アクリルシリコン樹脂
	塗替え履歴	4～5年に一度実施
	耐震補強履歴	なし
	周辺の環境	非DID地区、工場、畑等

使用機器等

①ドローン空撮機体
　使用機体：Skydio社製　Skydio2+

機体スペック抜粋（バッテリー装着時）	
機体サイズ(l×w×h)	229 x 274 x 126 mm
機体重量	800g
最大飛行時間	27分

カメラスペック抜粋（換装不可）	
センサー	Sony IMX577 1/2.3” 12.3MP CMOS
シャッター速度	1 ～ 1/1920秒
ISO感度	100~3200（動画・静止画）
最大動画解像度 及びビットレート	3840x2160@60 fps 100Mbps
ビデオフォーマット	MP4(H.264/H.265)
最大静止画解像度	4056x3040(12MP)
静止画フォーマット	JPG/DNG（RAW）

実証内容の概要

- ドローンを用いた動画撮影を行い、撮影結果を基に本手法の有効性等を検証する。また、作業時間等のドローン点検の確立に向けて必要となるデータを取集する。
- 水管橋の設置場所における環境ごとにドローンの使用機体を選択し活用する必要があり、今回は電線が複数水管橋に近く張り巡らされ、道路橋と水管橋との間隔が5.5mと狭いことから狭隘にて飛行可能な機体を選択し飛行を実施する。
- 上記に加え、第1回・第2回の結果を踏まえ、保管の検討に向け画像の劣化を点検に値する画質を保証し容量を低減する検証を実施することとした。

①動画撮影時の解像度とスクリーニング検査の可否（4K ↔ Full HD）
②動画の圧縮とスクリーニング検査の可否
（コーデックの変更・ビットレートの低減）

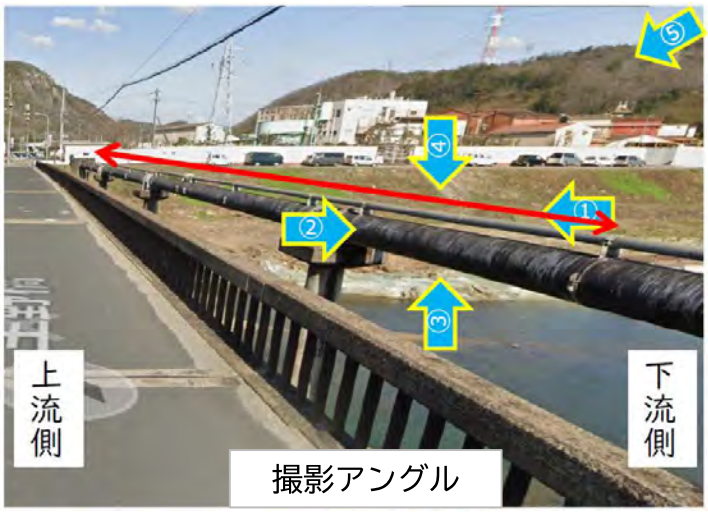
新技術の特徴

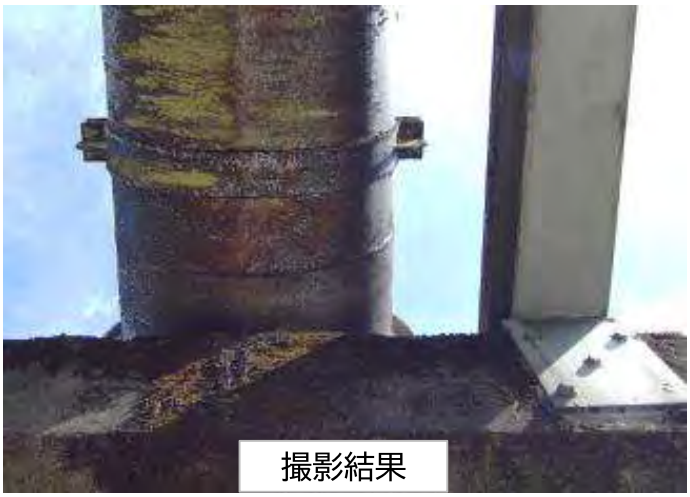
Skydio２+機体について
①6個のカメラが360度周囲を撮影。その映像をAIで解析して周囲の状況を確認して障害物を避けるため、GPSの届きにくい橋梁下や電磁波が発生する高圧鉄塔周辺においても安定した飛行が可能。
②幅102cmの狭隘部への進入が可能。通常のドローンでは進入出来ない橋梁下のトラス部分に進入が出来る。また、衝突回避及び自立飛行機能があるため、衝突による落下のリスクが低減されている。
③メインカメラが真上（180度）を向くので、従来の小型ドローンでは撮影が困難な床版の撮影も簡単に行うことが可能。
④離発着場所が狭い場所での離着陸もハンドリリースが可能。

実証実験の内容・結果

＜撮影について＞
作業前準備:機材配置及び安全ミーティングに１時間
撮影時間：１時間30分（実証用に４Kとフルハイビジョンと２回飛行の為。通常は１時間程度）
撤収時間：３０分
人員配置：操縦者１名　補助者２名　計３名体制

- 写真のように水管橋と道路橋との間が狭くまた水管橋上部には複数の電線が確認されるが、特徴を活かし近接しての撮影に成功した。
- ドローンには様々な機種が存在するが、水管橋の設置環境により機体を選択し使用が望ましいと考えられる。
- 水管橋の約7割を占める添架橋においては、ドローン全体における大きな特徴であるのはGPSを取得し安定した飛行を実施することであり、添架管は非GPS環境となることが多く、ほとんどのドローンが使用できない状況下が想定されるが、Skydioは非GPSでの飛行が出来る数少ない機体の一つとなっている。
- 今回は非GPS環境ではないが、通常ドローンの飛行が難しい環境にてSkydioの特徴を活かし安全な飛行が実施できた。





＜データの圧縮検証について＞

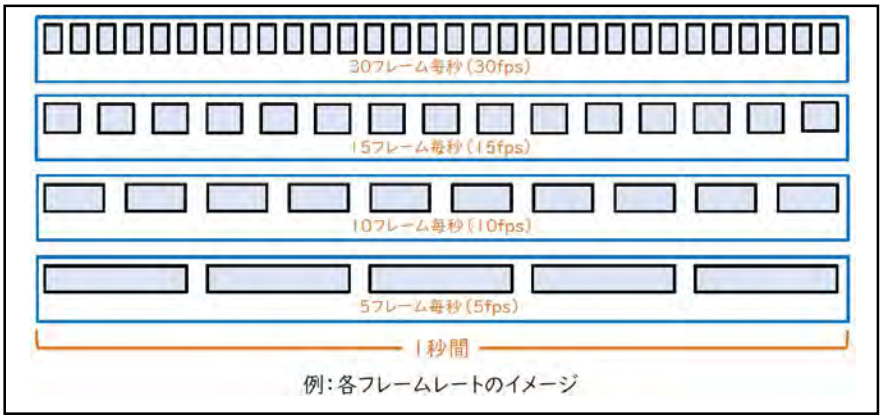
・第2回実証時には動画撮影（4K）と静止画撮影を行った結果、動画データサイズが膨大であることから保存を考慮し、今回Full HD画質に低減して検査可能か検証を実施。
　→FULHD画質では解像度が低いため画像全体がぼやけており、細かな損傷等を見落とす可能性があるとし、4K以上を推奨とした。

・第3回検証として、解像度の変更以外の方法を用いて、動画データサイズの低減を図り画像の劣化具合がスクリーニング検査に耐える程度のものかを検証する
　【検証①】
　　・ビットレート低減による圧縮効率向上
　　・ビットレート低減+コーデック変更による圧縮効率向上
　【検証②】
　　・検証①では、フレームレート変更によるファイルサイズ削減は動画としての見やすさに大きく影響を与えるため対象外としたが“動画としての見やすさを考慮しない”ことを前提にフレームレート変更によるファイルサイズ削減を実施することとした。
　　・フレームレートとは、動画の一秒間に何枚の絵が切り替わるかを示したものであり、絵が切り替わる枚数が多いほど、滑らかな映像を表現できる。
・結果、動画としての見やすさを優先せずに高画質かつ動画として点検動画としての確認作業業務に支障がない状態であればDVD1枚までの圧縮が可能であることが判明。
　但し今回の水管橋撮影における環境下（離隔が約3m・口径700mmのパイプビーム）が前提となる。

4映像合計
動画時間　　：約77分
ファイルサイズ：53.9GB
想定納品方法　：ブルーレイディスク（25GB/枚）　3枚
　　DVD（4.3GB/枚）　　13枚

検証①実施後
ファイルサイズ：5.34GB
想定納品方法　：ブルーレイディスク（25GB/枚）　1枚
　　DVD（4.3GB/枚）　　2枚
圧縮処理時間　：約4時間10分（Ryzen7　4800H CPUエンコード時）

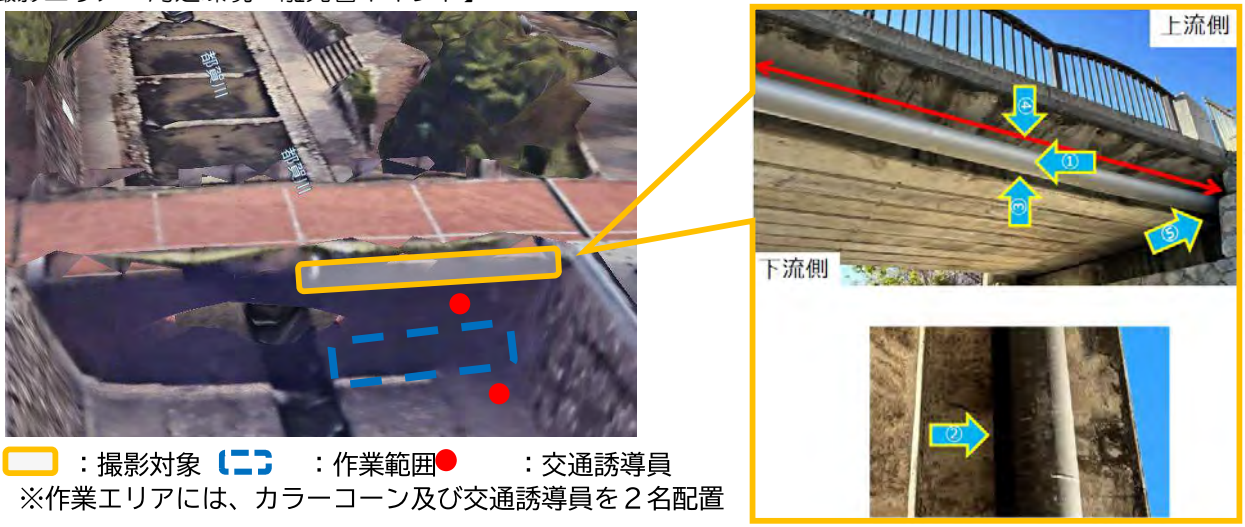
検証②実施後
ファイルサイズ：2.75GB
想定納品方法　：DVD（4.3GB/枚）　　1枚
圧縮処理時間　：約1時間10分（Ryzen7　4800H CPUエンコード時）



例：各フレームレートのイメージ

＜追加検証における実証内容・結果報告＞
・生野橋水管橋の橋脚撮影において、ロッドの先にカメラを装着したたおれん棒による河川敷からの撮影の有効無効を検証する予定であったが、周辺状況より河川敷進入が不可能であったことから、神戸市灘区の神ノ木橋にて別途検証を実施した。

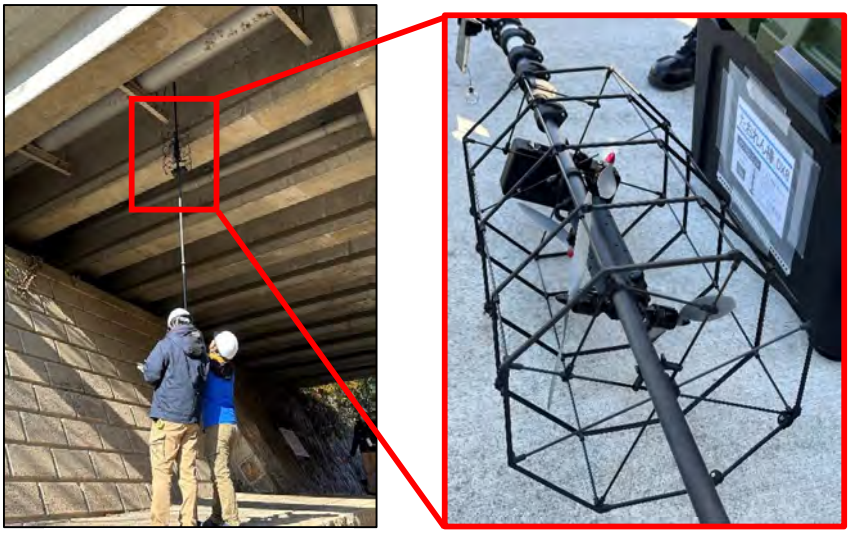
【撮影エリア・周辺環境・離発着ポイント】



：撮影対象　：作業範囲　：交通誘導員
※作業エリアには、カラーコーン及び交通誘導員を２名配置

○撮影について
・小型カメラ（DJI社製　Pocket 2）を搭載した「たおれん棒」で写真・動画撮影。
スマートフォン+自撮り棒を活用した動画撮影を行い、簡易的な点検が可能であるかの有効性も確認した。

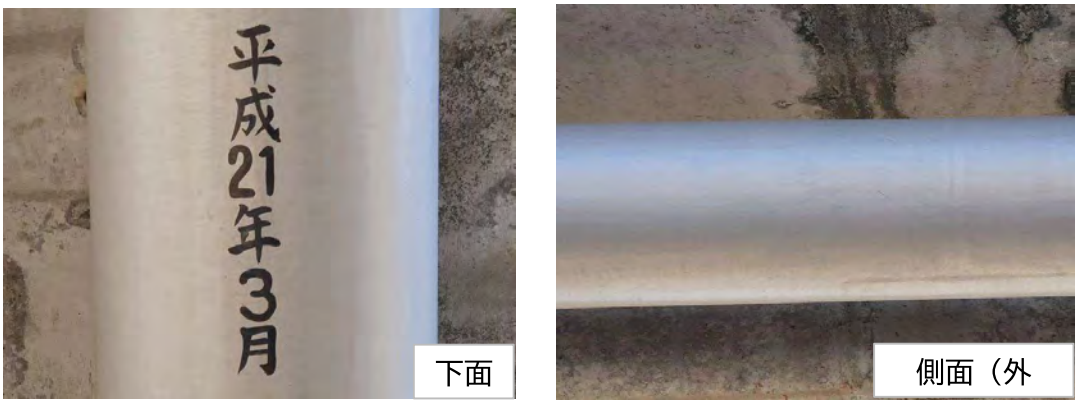
【たおれん棒+小型カメラ】
・対象物の位置が高いほど（ロッド長8mまで）、たおれん棒使用による安全性向上が見込める。
・狭所の撮影時に電源ONすることで、対象物との接触リスクを低減する事ができる。ただし、対象物を撮影する際に、たおれん棒ユニットが、対象物その他構造物に接触してしまう場合は使用不可である。
・ジンバル付きの小型カメラを使用することで、ロッド位置の微調整が不要となるため容易に撮影が可能。



撮影風景　　たおれん棒

撮影した写真

【光学ズーム搭載スマートフォン+自撮り棒】
・容易に目視ができる範囲であれば、動画・写真ともに撮影可能。たおれん棒が不要となる低所で活用可能である。



撮影した動画の1フレーム

その他（特記事項）

①作業実施にあたり、操縦者（パイロット）1名、補助者２名の３名体制で実施する。
②飛行経路毎の実施にあたって、事前に飛行ルートの意思確認および、フェールセーフルールのミーティングを実施し作業にあたる。
③飛行中、気流変化や機体制御が不安定になった場合は速やかに飛行を中止し安全なエリアまで退避あるいは着陸させる。
④作業開始前に離陸ポイントでの風速を計測し、機体の耐風性能以下の風速を基準として、飛行可否を操縦者が判断した上で飛行を開始する。
⑤原則として、水管橋を中心とした半径３０m以内での飛行を前提とし、必要以上の離隔を取らない。
⑥当日の作業開始前には、航空法に則り、「無人航空機の日常点検記録」を実施する。
⑦河川管理用道路越しや道路橋および歩道橋が併設のため、補助員１名は人や車両通行の監視及び誘導に専念させる。

【許可申請先】
- 兵庫県神戸県民センター　神戸土木事務所
- 有馬警察署（生活安全課）

フィールド提供事業体からのコメント

- 第1回、第2回の実証実験で複雑な構造形式を有する水管橋の実証結果が得られたことを踏まえ、本調査では比較的シンプルな構造であるパイプビーム連続梁形式の水管橋において、調査所要時間及び画像データの画質やデータ容量にフォーカスした検証を行った。
- 所要時間については、橋長80mを超える水管橋の全周撮影を実質1時間程度で終えることができた。
- 画質については、Full HDと４Kの比較を行ったところ、微細な損傷まで確認できる４Kが推奨される結果となっている。ただし、ドローンと被写体の距離の影響を大きく受けるものの、Full HD画質であっても詳細点検の要否を判定するためのフィルタリング調査程度であれば十分対応可能な画質であった。
- 膨大な画像データを有する調査結果を保管、活用していくためにはデータの圧縮や軽量化が課題となる。ビットレートやフレームレートを調整することでデータを軽量化できることが確認できたが、動画の滑らかさや画像の粗さに影響を与えるため、発注者が求める品質とのバランスが肝要となる。
- 追加検証で実施した「たおれん棒」については、調査対象の真下で作業することができれば、操作にかかる免許等が不要で、且つ各種の許可等の手続きが省略できる点で非常に有利であり、画質等も使用するカメラに依存するものの十分な品質であった。

問い合わせ先

担当部課名	株式会社ミラテクドローン　営業本部西日本営業部				
所在地	本社：東京都品川区荏原1-20-10　神戸事務所：神戸市東灘区向洋町西3-1-10				
電話	078-940-0307	FAX	03-6700-6510	E-Mail	mtc-drone-alliance@mirait-one.com

5. 企業技術情報

本プロジェクトに参加した企業の水管橋点検や補修等に係る技術情報を紹介する。

表 5-1　企業技術情報一覧

区　分	技術名称	企業名	掲載頁
5.1 水道管の製造・修繕に関する技術	5.1.1 水管橋製造技術（製管技術・塗装技術）	株式会社フソウ	168
5.2 付属設備等の製造・修繕に関する技術	5.2.1 空気弁枝管補修継手 RS-M 型	日本ヴィクトリック株式会社	170
	5.2.2 漏水補修・補強金具（プロテクタシリーズ）	コスモ工機株式会社	172
	5.2.3 管路立ち上げ部における付属設備及び人口蓋リニューアル工法	コスモ工機株式会社	174
	5.2.4 不断水補修弁交換工法	コスモ工機株式会社	176
	5.2.5 フランジサポートによる既設管路の耐震補強	大成機工株式会社	178
	5.2.6 漏水補修金具「鋼管補修ステンレスバンド」	大成機工株式会社	180
	5.2.7 漏水予防金具「ベローズ型カバージョイント」	大成機工株式会社	182
	5.2.8 ワンタッチ式溶接レス耐震性鋼管継手・一般用鋼管継手	株式会社多久製作所	184
5.3 データの記録・保管に関する技術	5.3.1 点検調査データ管理のクラウドサービス	株式会社 NJS	186
	5.3.2 地理情報システム（GIS）での点検結果管理	株式会社管総研	188
	5.3.3 Photoruction Water	株式会社ミライト・ワン	190
5.4 ドローンによる撮影に関する技術	5.4.1 全方向衝突回避センサーを有する高画質撮影可能な小型ドローン技術	NTT ビジネスソリューションズ株式会社	192
	5.4.2 非 GNSS 環境対応型ドローンを用いた水管橋点検	三信建材工業株式会社	194
5.5 ドローン講習等に関する技術	5.5.1 国家資格ドローン講習	株式会社ミライト・ワン	196
	5.5.2 民間資格ドローン講習	株式会社ミライト・ワン	198
5.6 ICT 等に関する技術	5.6.1 ポールカメラを用いた水管橋点検	三信建材工業株式会社	200
	5.6.2 ドローンを用いた水管橋点検・劣化診断技術」	株式会社フソウ	202
	5.6.3 たおれん棒	株式会社ミライト・ワン	204
5.7 点検マニュアルに関する支援	5.7.1 戦略的点検マニュアルの策定支援	株式会社日水コン	206

技術名称	水管橋製造技術（製管技術・塗装技術）
企 業 名	株式会社フソウ

技術の概要

日本産業規格（JIS）、日本水道協会規格（JWWA）に規定される製造方法を満足する設備と加工技術を有し、造管・組立・溶接・検査・塗装まで一貫して工場内で実施・管理することで優れた品質の確保が可能。

水管橋の製作にとどまらず設計・製作・施工においてー貫した提案が可能。

横断する河川の大きさや通水管のサイズによって、パイプビーム形式、π型補剛形式、トラス形式、ランガー形式等、様々な形式の水管橋の製作が可能。

技術の特徴

造管特徴

最大口径Φ5,000mmの造管能力があり、陸上輸送困難な製品については高松港から海上輸送を利用し各地へ納入が可能。

NCフレームプレーナー（切断定盤6,000W×38,000L）により、購入鋼板を必要なサイズに自動で切断可能。

油圧プレス（2,000t×6,000W）、ベンディングロール（6,000L・3,000L）を有しており、最大口径5,000mm、最大管長6,000mmの造管が可能。

CNC立型旋盤によりフランジ、FRPM管用接合部他、異種管との接合部が最大切削外径Φ5,500mmの加工が可能。

製管工場10,434㎡の広大な面積により、工場屋内で水管橋の仮組立を行うことができるため、寸法精度の高い水管橋の製作が可能。（長さ約70,000mm、高さ約8,000mmの水管橋の屋内での仮組立実績あり）

油圧プレス 2000屯

CNCベンディングロール

NC立型旋盤

塗装特徴
ブラスト室から塗装ブースまで屋外に出ることなく製品移動可能なため、
不純物の付着がない鋼面の状態で塗装を開始することが可能。

工場全体の空気を1時間あたり4回入替え可能な除湿システム付給気設備
を使用し、室内環境が湿度85%以上、気温5℃以下の時に作動させることで、
塗装作業に最適な環境が年間を通して確保可能（高品質で安定した納期）。

水管橋外面防食基準（日本水道鋼管協会規格）に規定されている
工場塗装仕様（L-2、S-1、PU-S）の塗装が可能。

日本水道協会（JWWA）で規定されている水道用無溶剤形エポキシ樹脂塗装
（長寿命形水道鋼管用無溶剤エポキシ樹脂塗料の塗装も可能）が可能。

外面塗装

エポキシ樹脂塗装

その他（特記事項）

納入事業者
九州農政局、日南市役所、国土交通省徳島河川国道事務所、桂沢水道企業団　など

水管橋製作実績
250A～900A（通水管部の口径）の小型なものから大型なものまで製作実績あり

製造可能製品
異形管、水管橋、震災対策用耐震性鋼製貯水槽、パイプインパイプ、電力プラント用配管、
小水力発電用配管 など

特許関係情報

なし

受賞実績

なし

技術評価・成果確認等実績

- 日本水道協会検査工場
- 日本水道鋼管協会（WSP）理事会社
- ISO9001、ISO14001、ISO45001認証取得

技術紹介サイト	https://www.fuso-inc.co.jp/business/production.html

問い合わせ先

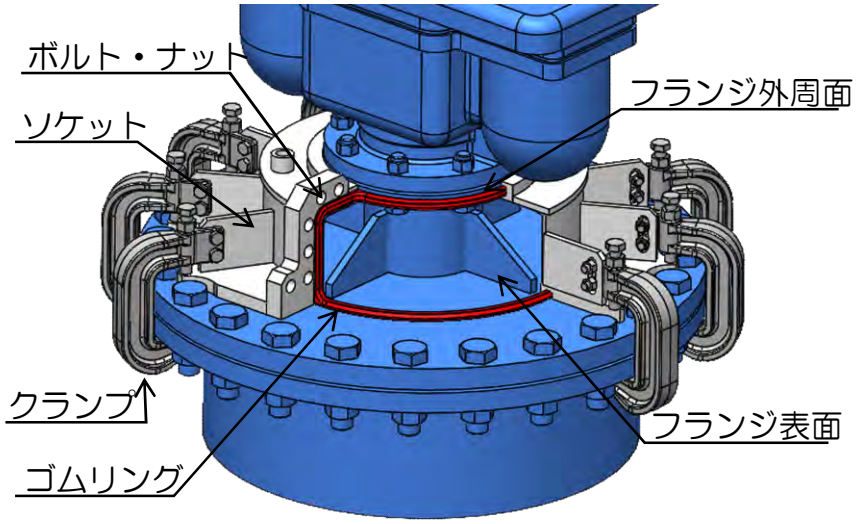
担当部課名	鋼管工場				
所在地	香川県高松市郷東町796-1				
電話	087-882-3196	FAX	087-881-1292	E-Mail	kokan.seikan@fuso-inc.co.jp

技術名称	空気弁枝管補修継手RS-M型
企 業 名	日本ヴィクトリック株式会社

技術の概要

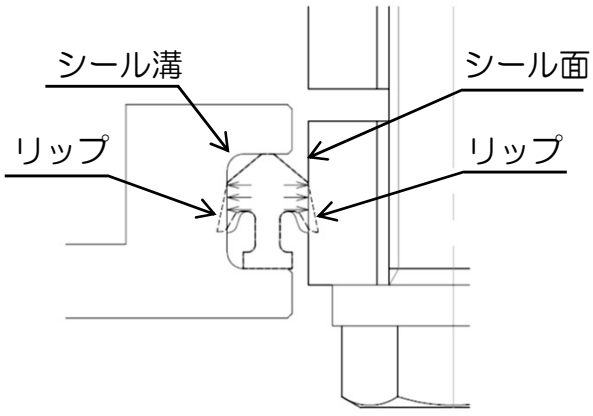
- 空気弁用フランジ蓋の枝管に腐食を起因とした漏水事故が発生し問題となっております。当該品は分割されたソケットとゴムリングでフランジ表面と枝管フランジ外周面を覆い、ボルト・ナット、クランプにより固定することで、外部への漏水を防ぐことが可能な構造となっています。
- 予防保全として取付を行う場合、水圧試験を実施することで健全性の確認を行う事も可能です。
- 不断水、土木工事なしで施工ができ、従来に比べ、早期補修、大幅な工機短縮が可能です。
- 緊急性を考慮し、溶接等の特定技量が必要ない構造となっています。

150A-F15

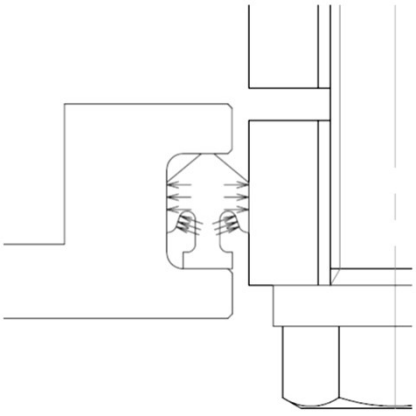


技術の特徴

- 止水に使用しているゴムリングは、リップ付きガスケットを使用したシール機構を有しており、リップがあらかじめシール面より張り出す形状となっているため、組立てた状態でリップがシール溝に押し込まれ、元の形に戻ろうとするゴムの反発力が常にシール面に加えられています。また、内水圧がリップに掛かる事によりシール面に押し付けられるため、水密性がさらに高まる構造となっており多くの分野に広く採用されています。「設計圧力：7.5K、10K」



←：ゴムの反発力



←：ゴムの反発力+内水圧

その他（特記事項）

【準拠規格】
・空気弁用フランジ蓋
「JWWA G 118：2014」　水道用塗覆装鋼管の異形管
（空気弁枝管：75A、100A、150A　設計圧力：7.5K、10K）
・ゴムリング
「JWWA K 156：2015」　水道施設用ゴム材料（Ⅰ類A65）
・ソケット
「JIS G 3101：2022」　一般構造用圧延鋼材（SS400）
「JWWA K 135：2007」　水道用液状エポキシ樹脂塗料塗装方法
・クランプ
「JIS G 5502：2007」　球状黒鉛鋳鉄（FCD450-10）
「JIS H 8641：2021」　溶融亜鉛メッキ（HDZT77）

特許関係情報

特開2022-74520
特開2022-47395

受賞実績

日刊工業新聞社賞

技術評価・成果確認等実績

なし

技術紹介サイト	https://www.victaulic.co.jp/vic/products/index.html

問い合わせ先

担当部課名	営業部				
所在地	東京都港区六本木1丁目8番7号MFPR六本木麻布台ビル				
電話	03-5114-8531	FAX	03-5114-8532	E-Mail	sales-DEPT@victaulic.co.jp

技術名称	漏水補修・補強金具（プロテクタシリーズ）
企 業 名	コスモ工機株式会社

技術の概要

〇鋼管・鋳鉄管の直管部漏水を止水・補修するプロテクター（直管プロテクター／型式：CJC）
〇フランジ接合部の漏水を阻止するプロテクター（フランジプロテクター／型式：HKF2）
〇仕切弁・T字管等のフランジ部の補強に使用します。（フランジブロック／型式：KTF3）
〇ジョイント・可とう管及び空気弁などを、すべてカバーすることができる。
（カバージョイント／型式：SL-LOUHO）

直管プロテクター

フランジプロテクター

フランジブロック

施工前（カバージョイント）

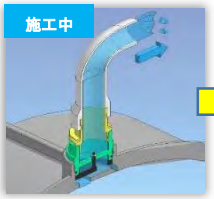
施工後（カバージョイント）

施工前（カバージョイント）

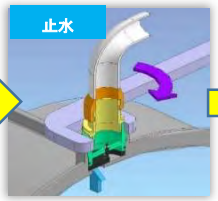
施工後（カバージョイント）

技術の特徴

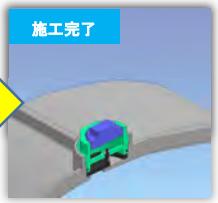
〇直管プロテクター
・適応管種：鋼管・鋳鉄管　　呼び径：２００～７００
・本体を連結して取りつけることができるため、漏水範囲に合わせて止水することができる。
・水抜きバルブより排水することにより、施工が容易。



ホースから排水することで本体内部の水圧を逃がしボルトの締付を容易にします。



本体のボルト締め付け完了後、水抜きバルブを締めて止水します。



ホースを外し、プラグを取り付けて施工完了となります。

〇フランジプロテクター
・適応フランジ：7.5Kフランジ（呼び径：７５～６００）
　１０Kフランジ（呼び径：５０～２００）
・本体にパッキンが内蔵されているため、施工が容易かつスピーディーに取付可能。
・10Kフランジにも対応。
・ボルトナット部にもパッキンがついており、ボルト穴からの漏水も防ぐ。

〇フランジブロック
・適応フランジ：7.5Kフランジ（呼び径：75～1000）
・フランジ接合部の離脱阻止力を3DkNに向上させることが可能。
・管軸に対し垂直方向からボルトを締め付けるので狭隘部でも取付可能。
・フランジ押し付け面が平らなピースなので、既設フランジの塗装を傷つけない。
・絶縁タイプ仕様もある（型式：KTF3Z）。

〇カバージョイント
・完全オーダーメイド品のため、すべての管種・全口径に対応（要問合せ）。
・鋼板製品の為、現場状況に合わせて製作可能。

〇導入業者
【直管プロテクター】
2021年　山陽小野田市水道局 様
2021年　長崎市上下水道局 様
【フランジプロテクター】
2020年　岩国市水道局様
2021年　厚東川工業用水道事務所 様

〇導入業者からのコメント
・直管プロテクター
【長崎市上下水道局 様】
　水路を横断する水管橋（φ500鋼管）の両端保護コンクリート内の管支持材と曲管45°間の溶接部で漏水が発生し、従来品では有効幅が約500㎜を必要とするが、保護コンクリートを取り除いた結果、曲管両端部の幅が300㎜に限られていた為、「直管プロテクターφ500」を補修材料として選定した。

・フランジプロテクター
【厚東川工業用水道事務所 様】
・予想よりも施工性も良く、施工時間も早かった印象。
・基幹管路を断水する事なくフランジ接合部の漏水補修ができて大変満足。

その他（特記事項）

〇直管プロテクター
【注意点】
・フランジ継手部の形状（フランジに台座がある場合など）施工スペース、漏水状況によっては対応できない場合があります。
〇フランジプロテクター
【注意点】
・継手プロテクターの適用範囲は、各継手の直管部となります。
・施工スペース、漏水状況によっては対応できない場合があります。
〇フランジブロック
【注意点】
・呼び径600～1000の露出配管に使用する場合は、脱落防止のバンドの設置を推奨します。
〇カバージョイント
・現場溶接が必要な場合があります。
・製作期間はサイズにもよりますが1.5か月～3か月程度必要になります。
製品カタログ：
https://www.cosmo-koki.co.jp/cms/books/catalog/repair/repair.pdf

特許関係情報

【特許出願中】
「直管プロテクター」
特開第2019-219001号
「フランジプロテクター」
特許第6962729号 他

受賞実績

なし

技術評価・成果確認等実績

なし

技術紹介サイト	https://www.cosmo-koki.co.jp/products/

問い合わせ先

担当部課名	営業部				
所在地	東京都港区西新橋三丁目9-5				
電話	03-3435-8805	FAX	03-3435-8825	E-Mail	pr@cosmo-koki.co.jp

技術名称	管路立ち上げ部における付属設備及び人孔蓋リニュアル工法
企 業 名	コスモ工機株式会社

技術の概要

- 本工法は、腐食による漏水や故障等の課題を抱えた人孔蓋を不断水で撤去し、新しい人孔蓋へ交換する技術です。
- 新規人孔蓋の挿入にあたっては、既設人孔蓋を撤去したフランジ付きＴ字管に、一時的な止水装置（置きコマ）を挿入し、劣化したパッキンの除去やフランジ面の清掃を行い、新設時に近い状態で新しい人孔蓋に交換します。
- 置きコマは、給水工事で使われているコマと同じ構造のもので、サイズアップや安全性の向上を図るなど、人孔蓋リニュアル工法用に新たに開発したものです。
- 人孔蓋の撤去と交換の作業は、水圧試験を行うなど十分に安全性を確認したうえで、密閉された専用工具内で行います。

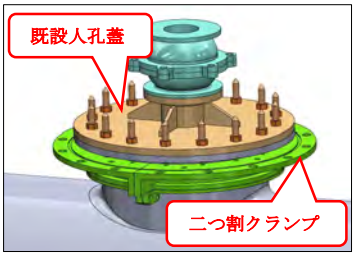
技術の特徴

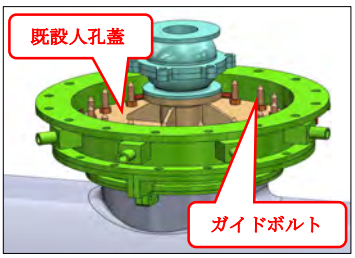
①ネック部止水方法
ネック部で止水する為、二つ割クランプを採用

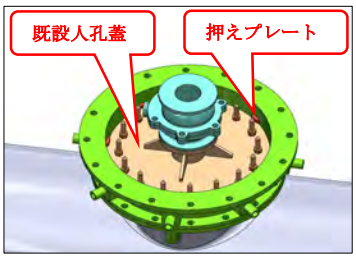
②ガイドボルトの採用
人孔蓋挿入位置を導入するガイドボルト採用

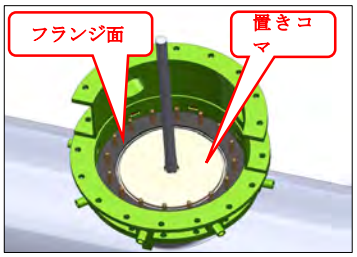
③人孔蓋の仮固定方法
工具外部から操作する押えプレートを採用

④人孔フランジ面の清掃
人孔フランジ面の清掃の為、置きコマを採用









【適用範囲】
- 人孔蓋呼び径：φ600（立ち上がり管呼び径：φ75，100，150）
- 設計圧力仕様：0.75，1.0，1.6 ＭＰａ

【導入効果】
- 水道事業者は、水の供給責任を満たしつつ、管路の脆弱箇所が解消できます。
- 脆弱箇所の解消により、管路の安全性の向上や延命化に寄与することができます。

〇導入事業者
2017年　福岡地区水道企業団
2019年　滋賀県企業庁
2020年　福井臨海工業用水道管理事務所
2021年　群馬県渋川工業用水道事務所
2022年　愛知県企業庁愛知用水水道事務所

〇導入事業者からのコメント
・管路立ち上げ部における付属設備や人孔蓋を断水せずに交換することができた。
・短期間の工事で人孔蓋の交換ができ、一時的な応急処置が続いていたが、問題が一機に解決した。
・大規模な漏水や断水に繋がるリスクを排除できた。
・管路の脆弱箇所が解消でき、管路の安全性向上と延命化に繋がる。
・全ての作業は密閉された工具内で行われており、安全性にも配慮されている。
・既設人孔蓋のパッキンが垂れ下がっていた場合の対処方法も検討されている。
・一時的な止水装置を使い、相手側フランジ面に固着しているパッキンの除去や清掃を行うなど、品質面にも配慮されている。
・新しい人孔蓋に交換したことで、点検や修繕の機会を減らすことができる。

その他（特記事項）

【論文発表ほか】
・平成29年度全国会議(水道研究発表会)平成29.10　発表者：福岡地区水道企業団
「(5-50)大口径管路(人孔ふたφ600㎜)の不断水取替工法」
・水問題研究所「第12回技術講習会(2022)」WEB講演
・機関紙「全管連ジャーナル」2022.3月号 掲載
・機関紙「水団連」第151号（春季号、令和4年4月発行）掲載

【その他】
・新規人孔蓋の製作期間は通常であれば2か月程度、作業日数は４～６日となります。
（0.75MPa仕様、土木工事は除外）

・製品カタログ
https://www.cosmo-koki.co.jp/cms/books/catalog/renovation/renovation.pdf

特許関係情報

①特許 第6909677号
②特開 2020-190319

受賞実績

第5回インフラメンテナンス大賞
厚生労働省　優秀賞
「大口径送水管路立ち上げ部における付属設備及び人孔蓋リニュアル工法」

技術評価・成果確認等実績

実績なし

技術紹介サイト	https://www.cosmo-koki.co.jp/products/5465/

問い合わせ先

担当部課名	営業部				
所在地	東京都港区西新橋三丁目９-５				
電話	03-3435-8805	FAX	03-3435-8825	E-Mail	pr@cosmo-koki.co.jp

技術名称	不断水補修弁交換工法
企 業 名	コスモ工機株式会社

技術の概要

施工前　　施工後

不断水補修弁交換工法は、老朽化等により取替えの必要がある補修弁や空気弁を不断水にて交換する工法です。

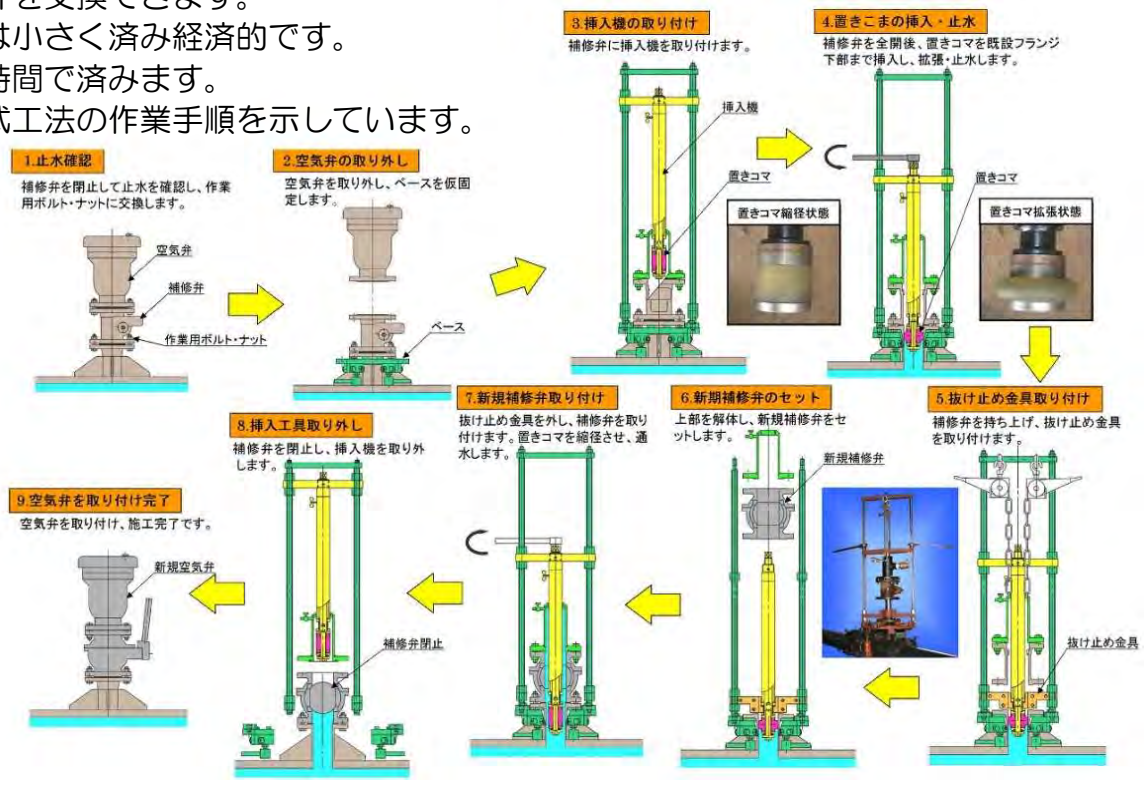
- 既設補修弁が正常に機能している場合→置きゴマ式工法
- 既設補修弁が壊れて弁が閉まらない等、不良の場合、または補修弁がない場合。
  →スライドプレート式工法

技術の特徴

置きコマ式工法

1．不断水で補修弁を交換できます。
2．施工スペースは小さく済み経済的です。
3．施工時間も短時間で済みます。
左の図は置きコマ式工法の作業手順を示しています。

対応サイズ
呼び径　φ７５
　　φ１００
　　φ１５０

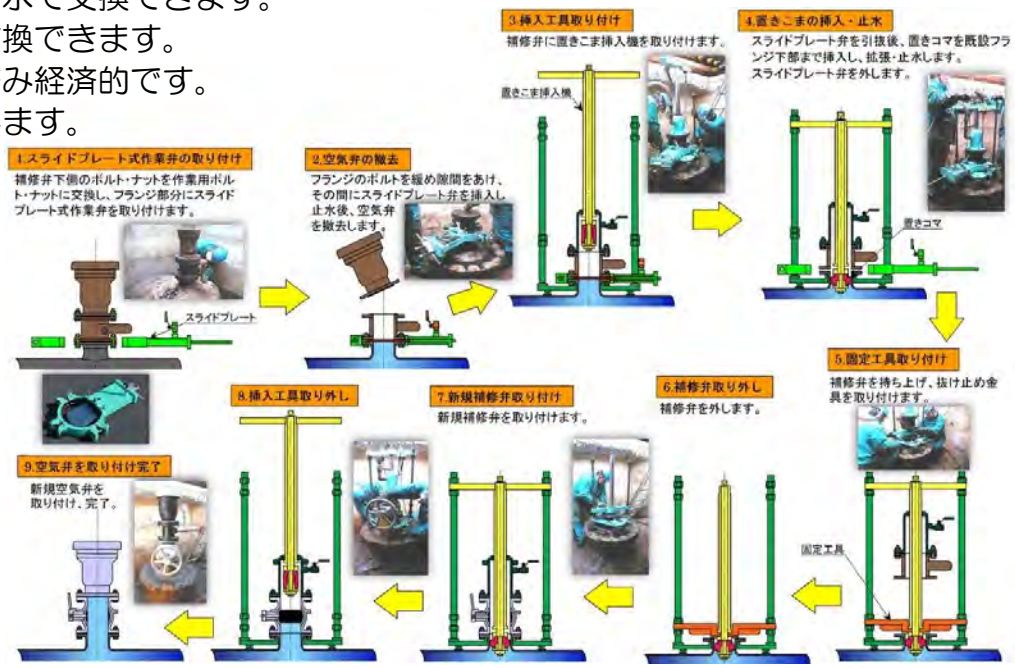


スライドプレート式工法

１．止水不能な補修弁を不断水で交換できます。
２．補修弁がない場合でも交換できます。
３．施工スペースは小さく済み経済的です。
４．施工時間も短時間で済みます。

左の図はスライドプレート式工法の作業手順を示しています。

対応サイズ
呼び径　φ７５
　　φ１００
　　φ１５０



その他（特記事項）

【注意点】
- 補修弁のタイプがバタフライ弁の場合は施工できません。
- 補修弁のフランジ部に座があり、補修弁が故障している場合は施工できません。
- 16Kフランジ以上の場合は対応できません。

【その他】
- 製品パンフレット：
  https://www.cosmo-koki.co.jp/cms/books/catalog/renovation/renovation.pdf

特許関係情報

「置きコマ式工法」
特許第5639920号 他
「スライドプレート式」
特許第6043144号 他

受賞実績

なし

技術評価・成果確認等実績

なし

技術紹介サイト	https://www.xosmo-koki.co.jp/products/

問い合わせ先

担当部課名	営業部				
所在地	東京都港区西新橋三丁目９－５				
電話	03-3435-8805	FAX	03-3435-8825	E-Mail	pr@cosmo-koki.co.jp

技術名称	フランジサポートによる既設管路の耐震補強
企 業 名	大成機工株式会社

技術の概要

既設管への使用を想定した小型形状の継手補強金具。
複数個設置して３DkNの離脱防止性能を付加。
あらゆる形状への対応を可能とするため、補修弁部専用の補修弁用フランジサポートを開発。
補強治具としても使用可能。

フランジサポート

仕切弁副管100

バタフライ弁500

仕切弁200

フランジ1350

補修弁用フランジサポート75

ボルト取替時の治具として

一時的補強として

技術の特徴

【優れた点】
- 3DkNの離脱防止性能
- 特殊工具不要で簡単施工
- 断水することなく既設管を補強
- フランジ外周面が異形でも取付可能
- ボルト取替時の一時治具として使用可能

【適用範囲】
- ダクタイル鋳鉄管、鋼管のフランジ部
- フランジサポート　呼び径75～1350（7.5Kフランジ）、呼び径50～1000（10Kフランジ）
  補修弁用フランジサポート　呼び径75～200（7.5Kフランジ、10Kフランジ）

【導入効果】
- 健全な既設管の耐震性向上（延命化）

【留意点】
- ボルトの締付トルク管理が必要
- 補修弁用は専用材料となります。
- 絶縁仕様もラインナップ。

【その他】
- 補修弁分割部の補強および二次災害防止として
  補修弁用フランジサポート連結型をラインナップ。
  (呼び径75　7.5K)

補修弁用フランジサポート連結型

その他（特記事項）

【論文発表】
・平成26年度全国会議「(5-75)フランジ継手部の補強金具の開発」　発表者：岡山市水道局
・平成30年度全国会議「(5-42)既設フランジ形仕切弁の耐震補強実施状況」　発表者：三田市上下水道部
・令和元年度全国会議「(5-55)既設フランジ継手部の耐圧補強方法の提案
-10Kフランジ継手を16Kフランジ継手相当へ-」　発表者：兵庫県企業庁
【その他】
・補修弁に適用の場合、補修弁の種類によっては別途検討が必要な場合があります。

特許関係情報

特許第6142427号
特許第6498938号
特許第7142876号

受賞実績

・第2回インフラメンテナンス大賞　厚生労働大臣賞受賞
・令和3年度全国発明表彰　特別賞　日本商工会議所会頭賞

技術評価・成果確認等実績

国立研究開発法人防災科学技術研究所で水道管路の耐震補強継手の大型振動台実験を実施。

技術紹介サイト	https://www.taiseikiko.com

問い合わせ先

担当部課名	技術部				
所在地	大阪市北区梅田１丁目１番３－１９００				
電話	06(6344)-7780	FAX	-	E-Mail	technical@taiseikiko.com

技術名称	漏水補修金具「鋼管補修ステンレスバンド」
企 業 名	大成機工株式会社

技術の概要

【概要】
　漏水発生時の修繕や、予防保全としての設置で管路の延命化を図る製品です。ステンレス製の金具本体と止水ゴムが一体化されており、六角ボルトが付属しています。管に沿わせて折り曲げて使用します。軽量・コンパクトで容易に取付ができ、重機が使用しにくい水管橋や狭小スペースの漏水対策に最適です。写真１は金具本体、写真２は水管橋SP600に取り付けた現場写真です。

写真１　金具本体

写真2　施工事例（水管橋SP600）

技術の特徴

【特徴】
①金具本体の長さは３種類あります。補修する鋼管のサイズ（300mm～700mm）に応じて種類と数量を選定して使用します（写真３）。②金具本体は各サイズで兼用できるため、サイズ毎の漏水補修材の備蓄管理が不要となり、補修材の保管スペースの省力化ができる。③軽量コンパクトなので人が持って水管橋の歩廊等を運搬したり、狭小スペースで取付施工が可能である。④金具本体はSUS316製で更にナイロンコーティング塗装をしており、耐食性良好である。

写真３　各サイズへの使用イメージ

写真４　施工手順

その他（特記事項）
【使用箇所】 ・ピンホール漏水用補修用です。水管橋など露出管の補修に適している。 ・管内水圧は0.75MPa以下。 【その他】 ・管軸方向に沿った亀裂の漏水補修は「鋼管補修ステンレスバンド連結型」での補修となる。 【製品カタログ】 https://www.taiseikiko.com/product/mente/ym-22.html

特許関係情報	受賞実績	技術評価・成果確認等実績
特許出願中 （特開2023-013633）	なし	なし

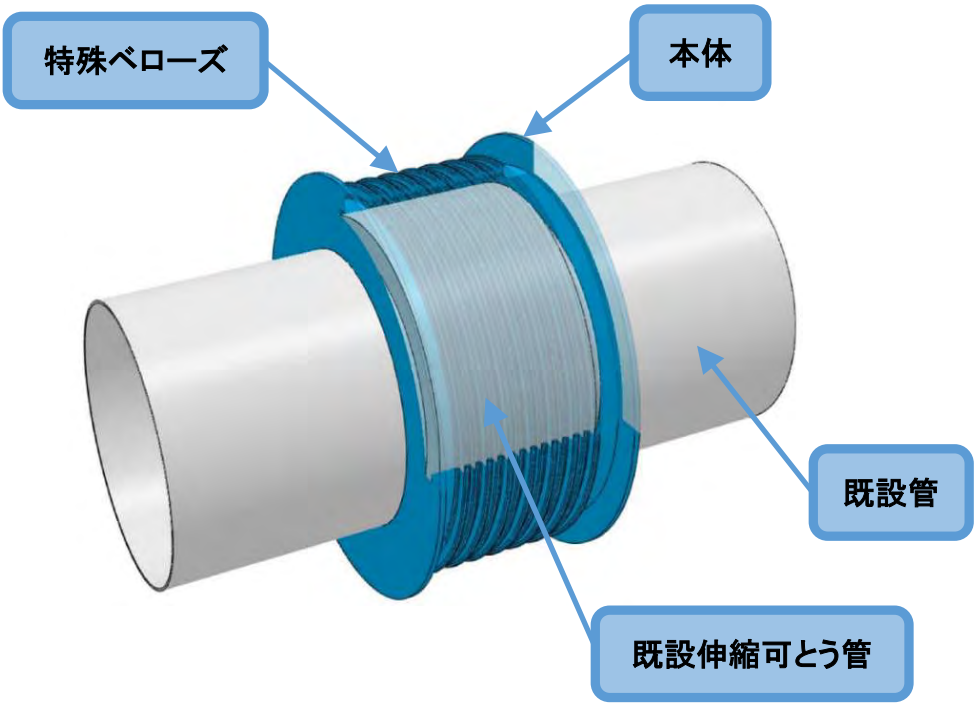
技術紹介サイト	https://www.taiseikiko.com

問い合わせ先					
担当部課名	技術部				
所在地	大阪市北区梅田１丁目１番３－１９００				
電話	06(6344)-7780	FAX	-	E-Mail	technical@taiseikiko.com

技術名称	漏水予防金具「ベローズ型カバージョイント」
企 業 名	大成機工株式会社

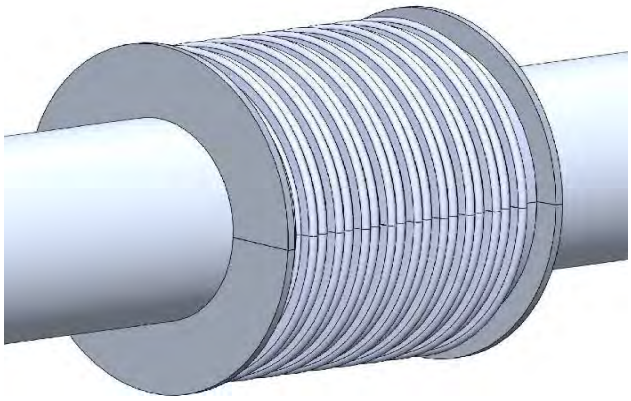
技術の概要

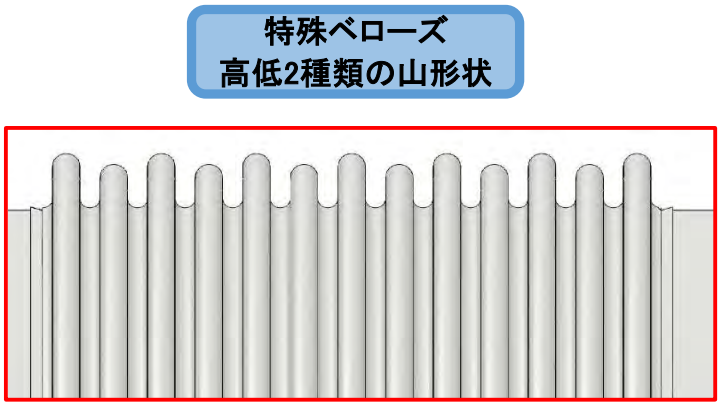
【概要】
　水管橋の伸縮可とう管部に不断水で設置する漏水予防金具です。本体と特殊ベローズで構成され、特殊ベローズが短面間で大変位性能を吸収するため、既設管の伸縮可とう管の性能を損なわず、それ以上の性能が付加できます。



技術の特徴

特殊ベローズは、高低2種類の山形状を交互に配しており、この構造が変形時の山同士の干渉を軽減し、短面間での大変位吸収性能を実現することができます。
既設管が伸縮しても特殊ベローズ部が伸縮するため、本体と既設管の止水部は変わりません。





その他（特記事項）
現在、和歌山市企業局でフィールド試験実施中です。

特許関係情報	受賞実績	技術評価・成果確認等実績
特許出願中 （特開2023-122565）	なし	なし

技術紹介サイト	https://www.taiseikiko.com

問い合わせ先					
担当部課名	技術部				
所在地	大阪市北区梅田１丁目１番３－１９００				
電話	06(6344)-7780	FAX	-	E-Mail	technical@taiseikiko.com

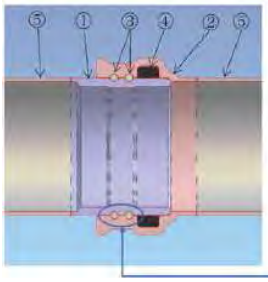
技術名称	ワンタッチ式溶接レス耐震性鋼管継手・一般用鋼管継手
企 業 名	株式会社多久製作所

技術の概要

本継手はステンレス鋼鋼管の溶接接合に変わる接続工法となります。「溶接鋼管と同等以上の継手強度」を備え，作業者の溶接技量に依存すること無く、簡単且つ確実に施工が可能で耐震性能を有した新たなメカニカル形式の鋼管継手となります。
施工方法は、受口に挿し口を挿入し、接続された受口部と挿し口部の溝に受口部側面にあるロックバンド挿入口よいロックバンドを挿入することで抜け止めを行い、セルフシール構造（ゴムパッキン）で止水を行う構造となっている。

TSJ/ER型 耐震型タスカルジョイント

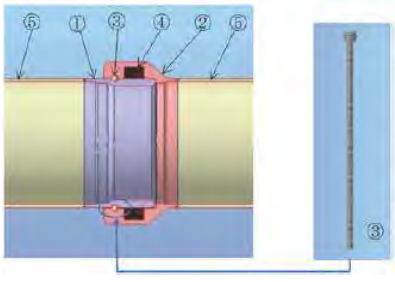
構造図



番号	品 名	材 質
①	継手「挿し口」	SUS304 / SUS316 L
②	継手「受口」	SUS304 / SUS316 L
③	ロックバンド	SUS316
④	ゴムパッキン	耐塩素 EPDM
⑤	鋼管	SUS304 / SUS316（Sch10s標準）※Sch20sへの対応可

TSJ/AS型 水道用タスカルジョイント

構造図



番号	品 名	材 質
①	継手「挿し口」	SUS304 / SUS316 L
②	継手「受口」	SUS304 / SUS316 L
③	ロックバンド	SUS316
④	ゴムパッキン	耐塩素 EPDM
⑤	鋼管	SUS304 / SUS316（Sch10s標準）※Sch20sへの対応可

※継手材質の選定に関しては、事業体様の管路仕様によりSUS304・SUS316の選定となります。

技術の特徴

1. **鋼管と同等以上の継手強度**（Sch10s相当の強度）
鋼管の溶接継手強度に対し、耐震性鋼管継手は同等以上の性能を有し、継手部の弱点を無くした。

2. **施工時間の大幅短縮**
溶接加工による接合やフランジのボルト締め付けが不要であり、現地溶接の約１/３に施工時間を短縮可能。

3. **溶接レスによるワンタッチ施工**
作業者の技量に依存しない誰でも簡単に接続可能な簡単施工

4. **止水性、耐久性に優れたゴムパッキン**
セルフシール構造での耐塩素性試験や耐久性試験においても優れたパッキンを採用

5. **ステンレス製による高耐食性**
受口及び挿し口、ロックバンド共に、全てステンレス製である為、耐食性・メンテナンス性に優れている。

【適用範囲】 φ75・φ100・φ150・φ200（材質SUS304・SUS316）
※本継手はステンレス製のため、無滅菌処理水での使用は腐食リスクが考えられるため、滅菌処理後の管路系統での使用を推奨しています。

TSJ/ER型 耐震型タスカルジョイント

TSJ/AS型 水道用タスカルジョイント

その他（特記事項）

●導入事業者

2021年　米子市水道局様
2022年　三原市水道部様、淡路広域水道企業団様、南会津町様
2023年　知夫村水道課様、宇部市上下水道局様、田川広域水道企業団様、大分市上下水道局様
　　入間市上下水道部様、浜田市上下水道部様

●導入事業者様からのコメント

【米子市水道局様】

当初、ロックバンドによる強度が保たれるのかという点が疑問であったが、土木学会論文集掲載「橋梁添架管向け耐震性鋼管継手の開発」の内容から溶接鋼管と同等以上の強度があることが分かったため、今回の採用に至った。工期が限られる河川区域の工事では、材質の選択が可能であり、かつ施工が短期間で完了する当鋼管継手はメリットも多く、また、現地工事費及び工期短縮面を総合的に考察すると一般的な溶接工法と比較しても利点は多いと考えられる。現場により、様々な施工条件がある中、施工が困難な場所であっても管路更新・耐震化が容易に可能であることを確認できた施工であった。

【三原市水道部様】

今回の採用現場は、橋長約110mの橋梁で幅員が狭く且つ交通量も多いため施工期間の短縮・橋梁への荷重負担軽減のため既設添架重量より軽量化を考えていた。その条件に本製品が適している上、現地での溶接レスによる接続工法により溶接作業員の技量・天候に左右されず同じ品質で施工可能、耐震性能も確保出来る事、軽量化・溶接レスによるトータルコストの軽減も併せて出来る事で採用に至った。

【特記】

今回開発した継手は、神戸大学大学院工学研究科/鍬田教授様と約３年間にわたり橋梁添架管に求められる耐震性能の検証を共同研究にて実施しました。研究結果から当鋼管継手は溶接鋼管と同様の初期剛性を期待できるため一体構造管と橋梁添架管に求められる性能評価が確認できました。またその研究成果に関しては、公益社団法人土木学会『地震工学研究発表』の論文投稿及び水道研究発表の論文投稿をさせて頂いています。

特許関係情報

特許第7012390号
特許取得日
令和4年1月20日

受賞実績

該当なし

技術評価・成果確認等実績

NETIS登録番号
KK-230023-A

技術紹介サイト	https://www.tak-ss.co.jp/moviegallery/index.html

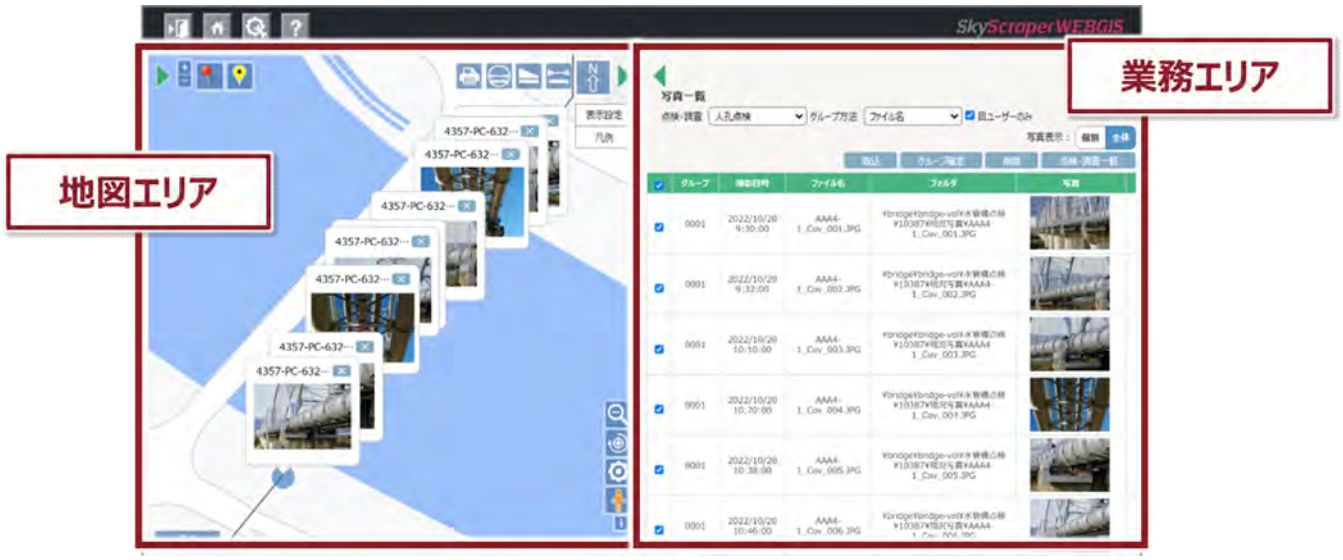
問い合わせ先

担当部課名	アクア・プラント営業本部				
所在地	東京都中央区晴海3丁目12番1号　KDX晴海ビル8階				
電話	03-5859-0214	FAX	03-5859-0216	E-Mail	k-tanaka@tak-ss.co.jp

技術名称	点検調査データ管理のクラウドサービス
企 業 名	株式会社NJS

技術の概要

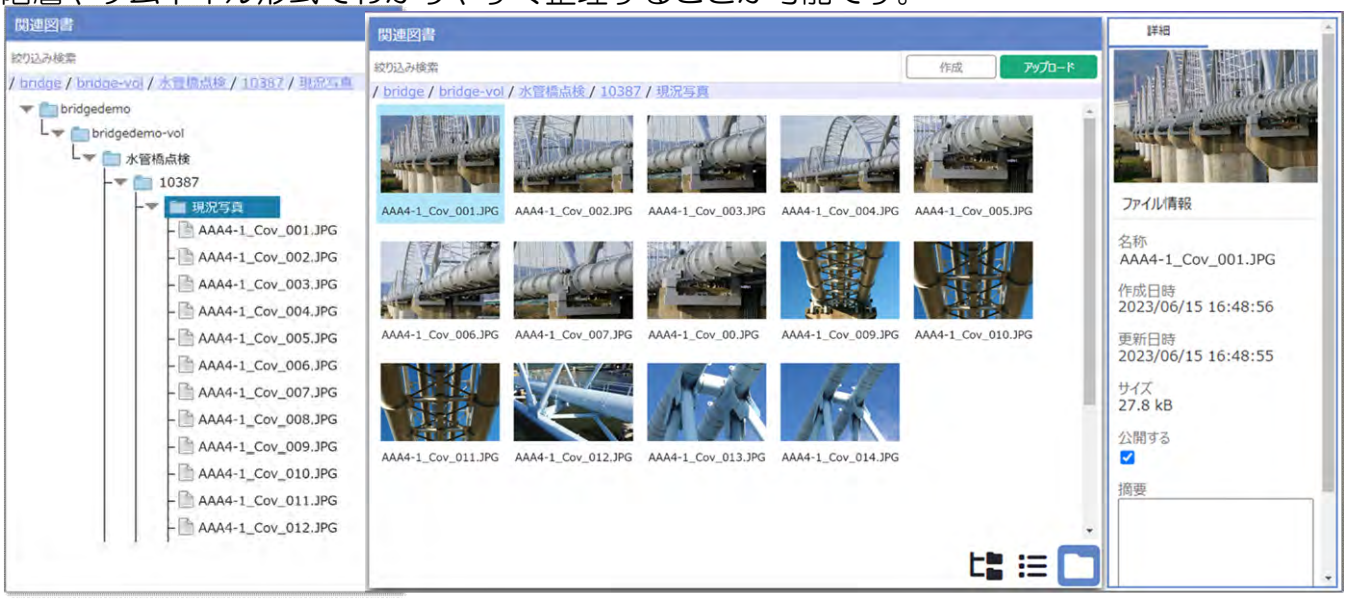
点検調査データ管理のクラウドサービスである「クラウド管路台帳システムSkyScraper WEBGIS」は、地図との連携で維持管理を効率化します。
地図エリアで施設の位置を登録し、場所を確認しながら作業が可能です。
業務エリアで点検結果の編集・登録を行います。水管橋だけでなく、様々なインフラ点検（水管橋、管内調査、マンホール点検、樋門、量水器）に活用可能です。



技術の特徴

●写真の整理

大容量のデータはSkyScraperFS（クラウドファイルストレージ）に保存し、SkyScraperWEBGISに一括して取り込むことで効率的に登録することが可能です。SkyScraperFSでは、写真データをツリー階層やサムネイル形式でわかりやすく整理することが可能です。

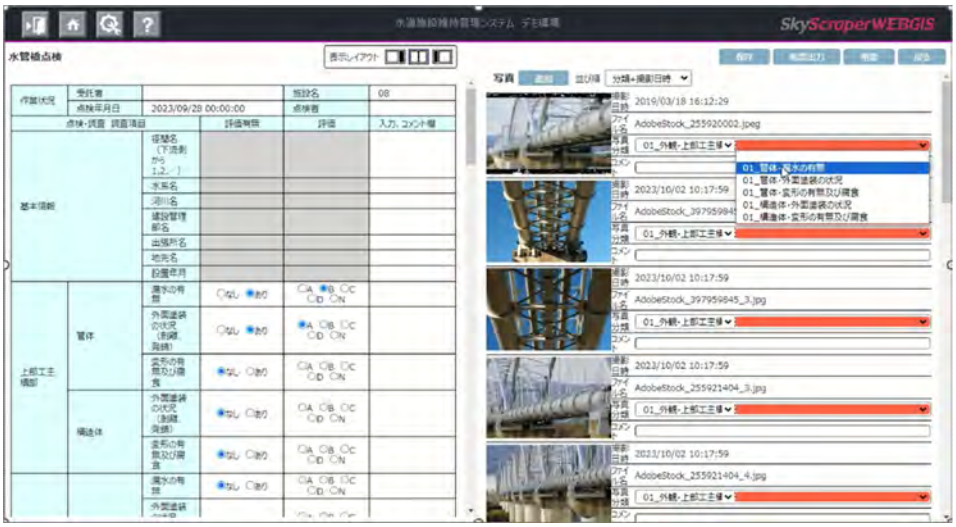


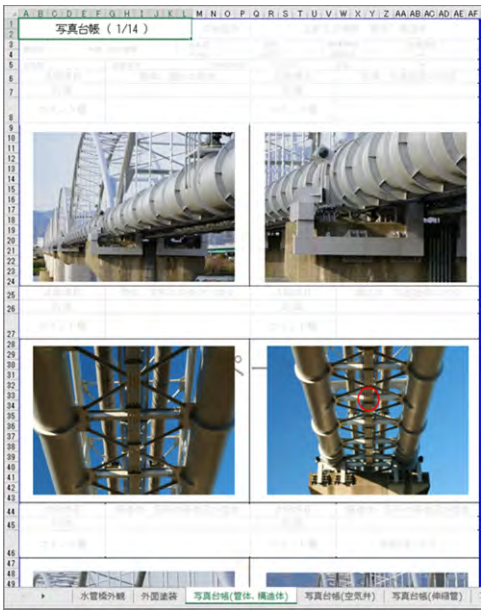
●写真の整理

SkyScraperWEBGISは、取り込んだ写真データをその位置情報から自動的に地図エリア上に配置します。類似するファイル名や、SkyScraperFSの保存フォルダ情報をもとに写真をグループ分けします。

●写真の分類

写真をテンプレートとして保存されている点検記録表に登録します。分類を選択するだけで簡単に写真を整理することが可能です。





●属性情報の管理

登録した施設の情報を編集・登録できます。作図した施設に対しての属性情報は、属性画面にて編集・登録することが出来ます。

●点検結果報告書・写真帳の出力

整理した写真や登録した属性情報から、自動で点検報告書と写真帳を出力することが可能です。報告書作成作業の省力化に寄与します。

その他（特記事項）

●RTK-GNSSの測位データ連携が可能です。
・RTK-GNSSは人工衛星と携帯基地局を使用した携帯会社等が提供する測位サービスです。RTK-GNSSの測位誤差は数cmであり従来のGNSSと比べて高精度な計測が可能です。
・正確な地図情報を基に精度の高い位置情報取得を支援します。
・RTK-GNSSはスマートフォンのアプリで簡単に利用できます。

●点検調査の結果だけでなく、点検予定の登録や進捗管理も可能です。
・対象施設の進捗状況を色分け表示が可能です。
・実態に即した点検調査計画の策定に寄与します。

特許関係情報	受賞実績	技術評価・成果確認等実績
なし	なし	なし

技術紹介サイト	https://www.youtube.com/watch?v=VqOvn8S1XkI

問い合わせ先					
担当部課名	オペレーションズ本部　ソフトウェア部				
所在地	東京都港区芝浦1-1-1				
電話	03-6324-4357	FAX	03-6324-4358	E-Mail	Technical@njs.co.jp

技術名称	地理情報システム（GIS）での点検結果管理
企 業 名	株式会社管総研

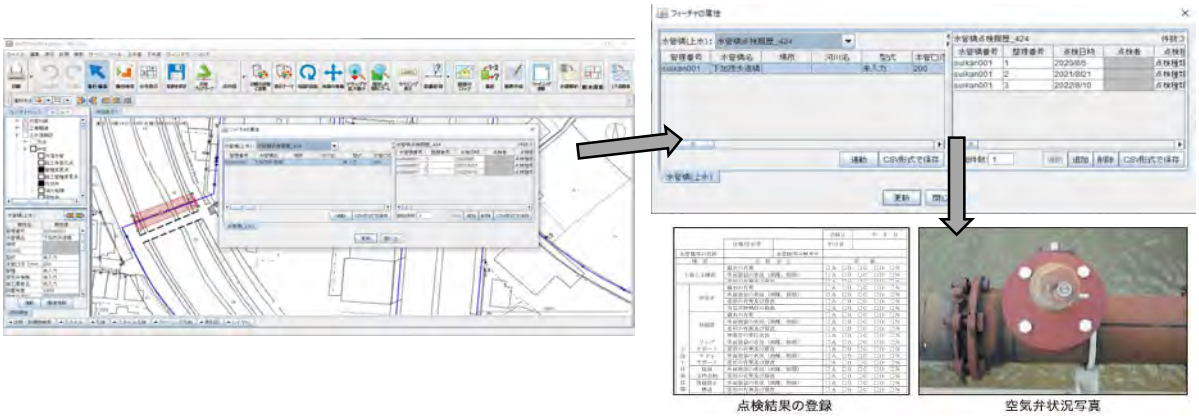
技術の概要

管路管理システム「WATERS」は、上下水道施設を管理する地理情報システム（GIS）である。Webブラウザで手軽に閲覧・操作できるため、台帳類などのデータ管理、応用的なシミュレーション操作、日々のデータ更新に加えて、水管橋や管路付属設備の点検結果も地図（管路図）上で管理することが可能である。

WATERSは、各種データを位置情報と紐づけて蓄積するため、地図（管路図）上で閲覧や検索ができる。また、システム内のデータベースがデータを一元管理するため、様々な部門で情報を共有でき、統計・集計処理や管路図上での情報の印刷など各種業務に活用できる。

技術の特徴

・WATERSに水管橋などの点検対象設備をポリゴン図形として登録することで、点検箇所と目視やドローンによる点検結果を地図（管路図）上で確認でき、検索もできる。



・点検結果は、設備ごとに履歴情報として蓄積できるため、過去から現在に至る画像ファイルや結果リストを設備ごとに経時的に閲覧できる。

・点検結果は、キーボードを使って入力することも、複数個所の結果をファイルで一括登録することもできる。仮に年度や地域ごとに点検会社が異なる場合でも、指定形式の点検結果リスト（CSVファイル）と点検記録表等（PDFファイル）で構成される電子納品データで受け取ることで、システムに一括登録でき、点検結果は設備ごとに整理して格納できる。

・蓄積された点検結果データを集計して、帳票を作成できる。さらに、点検結果を集計することで、点検計画や修繕計画の立案にも役立てることができる。

その他（特記事項）

・クラウド型管路管理システム「WATERS-Cloud」を導入することで、点検結果をクラウドサーバに登録し、タブレットやスマートフォンを利用して現場で点検結果を閲覧できる。

・水道施設設備管理システム「WATERS-facilities」を導入し、WATERSとシステム連携することで、さらに立案した点検計画の実施状況を管理できる。

点検計画の立案　●：実施済み　○：実施予定

対象物	重要度	年度							
		2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
水管橋1	基幹	●		○		○		○	
水管橋2	一般	●					○		
空気弁1	基幹	●			○			○	
空気弁2	一般		●						○
仕切弁1	基幹	●			○			○	
仕切弁2	一般		●						○

特許関係情報

なし

受賞実績

なし

技術評価・成果確認等実績

令和４年度 水道研究発表会発表「水管橋及び管路付属設備の維持管理に向けたシステムの検証」
https://www.kubota-kansouken.co.jp/products/research.html#c9

技術紹介サイト

https://www.kubota-kansouken.co.jp/products/index.html

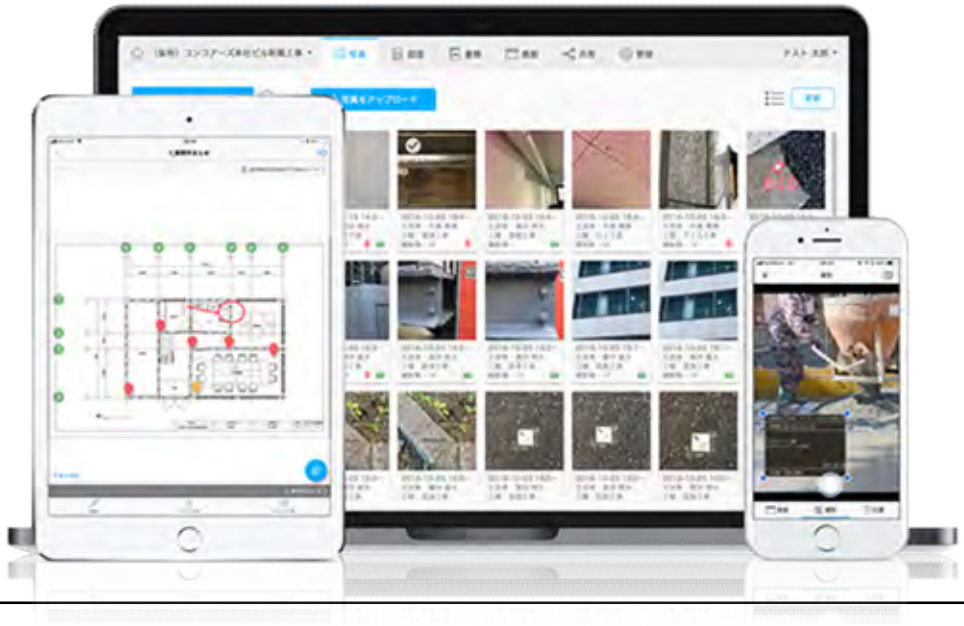
問い合わせ先

担当部課名	技術1部				
所在地	兵庫県尼崎市浜一丁目１番１号				
電話	06-6470-6305	FAX	06-4960-4560	E-Mail	hiroyasu.mizufune@kubota.com
担当部課名	技術３部　東日本水道技術課				
所在地	東京都中央区京橋二丁目１番３号				
電話	03-5205-1990	FAX	03-5205-1994	E-Mail	yukari.imade@kubota.com

技術名称	PhotoructionWater
企 業 名	株式会社ミライト・ワン

技術の概要

photoruction waterは、ICT技術を活用した水道管工事に特化した施工管理システムです。パソコンでもスマートフォンでも使えるphotoruction waterが、水道管工事現場での施工管理の効率化を図ります。

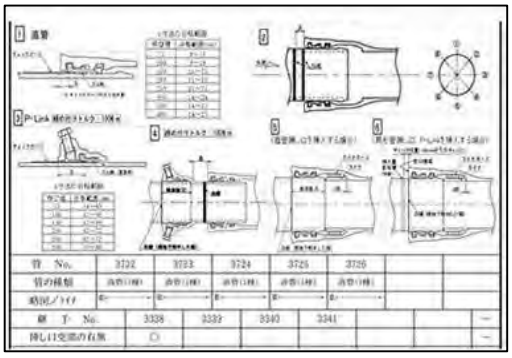


技術の特徴

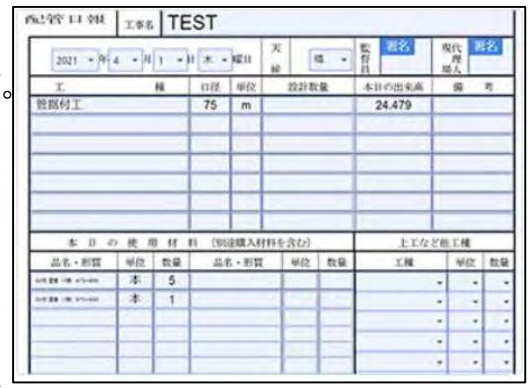
水道管工事に特化したシステム
多くの導入実績を持つ建設業向けの施工管理システム（photoruction）をベースに、配管詳細図の作成や継手のチェックなど、水道管工事に特化した独自の機能を備えています。

配管詳細図の作成
→システム上で配管詳細図を直感的に操作して作成できます。
CAD形式でのダウンロードも可能です。

継ぎ手のチェック
→布設した鉄管の継手が適切に施工されているかどうか、
鉄管協会の仕様に準拠したチェックリストをもとに
現場で記録することができます。
記録した情報は、一覧から確認することができます。



配管日報の作成
→配管詳細図を記録した管路情報をもとに配管日報を作成できます。使用した管材料や布設延長を集計して出力します。（スマートフォン上でも編集可能）



水道版　電子小黒板
→水道管工事でよく使われる電子小黒板を標準搭載しています。工事黒板を持ち歩く必要はありません。

標準アプリ　photoructionに搭載している機能
（写真・図面・工程・検査等）も機能として搭載済。

数千枚の台帳作成も瞬時に作成が可能

その他（特記事項）

なし

特許関係情報

特願2020-132632（出願中）

受賞実績

令和4年度 東京都イメージアップコンクール 優良賞（イメージアップ取組みの一部として）

技術評価・成果確認等実績

なし

技術紹介サイト	https://www.mirait-one.com/solution/sl097-photoruction-water.html

問い合わせ先

担当部課名	株式会社ミライト・ワン　みらいビジネス推進本部　みらいビジネス推進部				
所在地	本社：東京都江東区豊洲5-6-36				
電話	—	FAX	—	E-Mail	suidou-DX@mirait-one.com

技術名称	全方向衝突回避センサーを有する高画質撮影可能な小型ドローン技術
企 業 名	ＮＴＴビジネスソリューションズ株式会社

技術の概要

・本技術は、狭小部に進入可能なインフラ点検用ドローンを用いた水管橋などの点検技術の提供。
・ドローンによる撮影においては、衝突の恐れから高度な飛行技術が必要であるが、本技術は小型かつ高度な全方向衝突回避センサーを搭載したドローン技術で、安全に桁間に進入し、健全性診断に必要な情報を取得可能。
・本機は飛行中、画像処理によって構造物をリアルタイムで3次元空間として把握し、画像処理の機能によって一定の離隔(Skydio 2：1m、50cm)を確保しながら障害物との衝突を自動的に回避する。これらの機能は非GPS環境下に於いても動作。
・前面部にはsonyのセンサーを用いたデジタルカメラを搭載。点検用途で利用するための角度変更が可能なチルト、およびブレ防止のジンバル（3軸ジンバル）によって動作を制御する。
・水管橋（上下左右）や水道添架管路をタブレット端末またはプロポ（送信機）を用いて撮影可能。
・搭載したAIが人の手を認識し、自動で体制を整えるため、手の上から出発し、手の上に戻ってくることが可能。
その為、離発着の制限がなく、どんな場所でも飛行させる事が可能。

【点検イメージ】

図1 ドローンによる点検風景

図2 管体からの漏水

図3 伸縮管カバーの錆

技術の特徴

【優れた点】
小型かつ高度な全方向衝突回避センサーを搭載したドローン技術で、桁間に進入し健全性診断に必要な情報を取得できる。

【適用範囲】　※水管橋、水道添架管路に特化して記載
対象：管体の上下左右（水管橋）、支持金具、（添架管）、橋台部、橋脚部、付帯設備（手摺・立入防護柵）、歩廊、鋼橋/Co橋/上部構造(主桁、横桁、床版等)/下部構造(橋脚、橋台)/支承部/路上/支持金具/点検歩廊/立入防護柵/手摺/バルブ（空気弁）把握変状：腐食/ゆるみ・脱落/破断/防食機能の劣化/ひびわれ/床版ひびわれ/抜け落ち/変形・欠損/剥離・鉄筋露出/漏水・遊離石灰/変色・劣化/補修・補強材の損傷/漏水・滞水/支承部の機能障害/土砂詰り/舗装の異常

【導入効果】
ドローン活用により、水道施設の点検、維持、保全に係る業務の効率化、安全作業、低コストを実現できる。
・上方、側方2方向、下方から（表面の画像）の動画により写真だけでは分かりにくい調査対象水管橋の全体状況を確認することが可能。
・4K1200万画素記録カメラによる撮影。これは日本水道協会および日本水道鋼管協会の『外面塗装劣化診断評価手引き』に示されている基準である①景観性（白亜化・変退色、汚れ、外観）、②防食性（さび、はがれ、われ）を確認することが可能である。

【点検項目】
厚生労働省が定める、『水道施設の点検を含む維持・修繕の実施に関するガイドライン』の『水管橋等の点検記録表』における以下の５項目以外を評価できる。［空気弁の断熱材］、［伸縮管の変位状況］、［支承機能の確認（スライド状況）］、［橋台沈下の有無］、［橋脚傾きの有無］。

【留意点】
ドローン点検が可能な条件は下表の通り

＜天候条件＞	＜対象構造物条件＞
天候：雨天、降雨降雪時は作業不可 風速：5m/s以下 外気温度：-10℃~40℃ 日照：日中（夜間飛行不可）	桁下高さ：1.5m以上であること 添架管路の場合、添架位置は橋下、側面によらず飛行により撮影可能　（飛行空間が1.5m以上あること）

その他（特記事項）

【機体自体の性能による安全性】
１．概要記載の通り、全方向衝突回避センサーを有する。自動で障害物を回避することが可能である。
２．小型で重量が軽い為、落下時の衝撃が小さい。またプロペラの材質はプラスチック製で、折りたたみ機構を採用している為、人が接触したときの衝撃も軽減される。
３．電波が途絶えた場合に設定されたルートに発着場所に帰還可能
*提供元：NTTビジネスソリューションズ株式会社、技術協力：株式会社ジャパン・インフラ・ウェイマーク
*NTTビジネスソリューションズ株式会社、株式会社ジャパン・インフラ・ウェイマーク共に西日本電信電話株式会社（NTT西日本）のグループ会社です。

特許関係情報

なし

受賞実績

なし

技術評価・成果確認等実績

国土交通省　点検支援技術性能カタログ画像計測技術（橋梁）
BR010009-V0121

技術紹介サイト	https://www.jiw.co.jp/

問い合わせ先

担当部課名	バリューデザイン部 バリューインテグレーション部門　ソーシャルイノベーション担当				
所在地	大阪市都島区東野田町4丁目15番82号 NTT WEST i-CAMPUS B棟9F				
電話	06-6335-9406	FAX	なし	E-Mail	vd-jiw-coordinate-ml@west.ntt.co.jp

技術名称	非GNSS環境対応型ドローンを用いた水管橋点検
企 業 名	三信建材工業株式会社

技術の概要

【技術概要】
　GNSS環境下、非GNSS環境下ともに安定した飛行が可能な大型ドローンおよび小型ドローンにより、対象構造物全体を静止画、または動画の撮影を行い、取得したデータから損傷箇所の検出と図面記録を行う。
　取得した画像データから、3次元モデルの構築やオルソモザイク画像（正射影変換された合成画像）の生成と、3次元点群モデルに点検結果をリンク付けした一元管理モデルの生成も可能。

＜業務フロー＞

＜大型ドローン＞

機体名称	ACSL PF2-Vision（カスタム機）
メーカー	株式会社ACSL
自律制御	Visual SLAM or GPSによる自律制御
重量	約8kg
最大直径	1,300 mm（プロペラガード含む）
搭載可能重量	約1kg （バッテリー、制御装置搭載済み）
飛行時間	約10～15分
耐風速（点検時）	地上平均風速 5m/sec
耐風速（運用時）	地上平均風速 10m/sec

＜小型ドローン＞

機体名称	SkydioX2E
メーカー	Skydio（スカイディオ）
自律制御	Visual SLAM（上下左右前後）or GPSによる自律制御
重量	約1.3kg
長さ×幅×高さ	663mm×569mm×211mm
飛行時間	約35分
耐風速（点検時）	地上平均風速 5m/sec以下
耐風速（運用時）	地上平均風速 10m/sec

技術の特徴

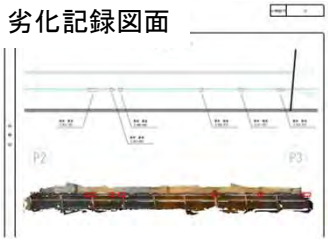
- 非GNSS環境対応型ドローンであることから、周囲が囲まれた空間や橋梁桁下のようなGNSSの電波が届かない場所でも安定した飛行が可能。
　⇒橋梁の桁下添架管でも適用可能（河川上の非GNSS環境は小型ドローンのみ対応）
- カメラの上下角度を－90度（真下）～＋90度（真上）まで遠隔操作が可能
- 大型ドローンは、高解像度カメラを搭載し、1枚の画像で広範囲を鮮明に撮影することができるため、大規模水管橋に適している。一方で、小型ドローンは、大型ドローンに比べカメラ性能が劣るものの、全方位衝突回避機能を有しており、構造物から1mまで近接して撮影できるため、狭隘部やピンポイント撮影、目視外飛行となる環境などに適している。
　⇒現場環境に応じて適材適所に使用機体を選定可能。
- バッテリー低下時や通信途絶時に作動するフェールセーフ機能あり（自動着陸、ホバリング等）
- 成果物は、従来と同様の劣化記録図面と劣化部写真として出力できるほか、3次元モデルやオルソモザイク画像（正射影変換された1枚の合成画像）、3次元モデル上で点検結果を管理することが可能となる一元管理モデルの生成も可能。要望に応じて対応。
- ドローンの映像を遠隔地にリアルタイム配信し、現場外からでも作業状況の把握や撮影指示が行える体制を構築することも可能。

＜適用例＞

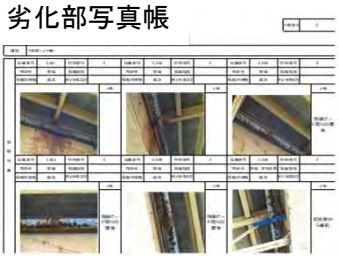
＜遠隔配信＞

＜従来成果物＞

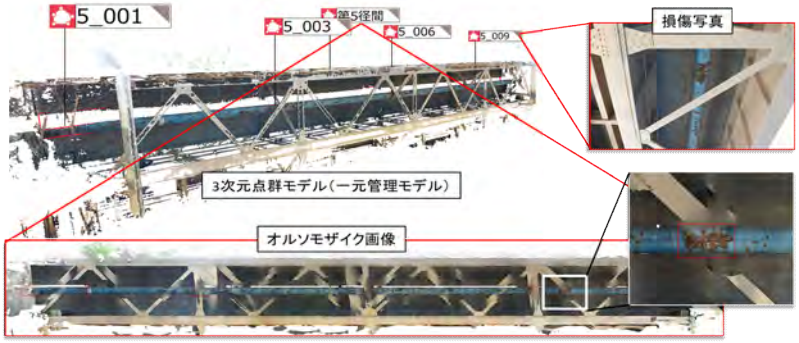
劣化記録図面



劣化部写真帳



＜3次元モデル、一元管理モデル＞



その他（特記事項）

・当社にて現地でのドローン飛行、撮影業務から画像処理、劣化記録図面、写真台帳作成まで実施

【導入事例】
愛知県内水管橋：8橋実施　※（）内は点検撮影に要した概算日数
・ランガー補剛形式　橋長200m未満：2橋（1日／橋）、橋長200m以上：3橋（2～3日／橋）
・トラス補剛形式　橋長50m程度：2橋（0.5日／橋）
・橋梁添架形式　橋長300m：1橋（0.5日／橋）

特許関係情報

なし

受賞実績

なし

技術評価・成果確認等実績

国土交通省　橋梁点検支援技術性能カタログ掲載
橋梁点検技術としてNETIS登録
登録番号：CB-220017-A

技術紹介サイト	https://sanshin-g.co.jp/business/drone/infrastructure-structure

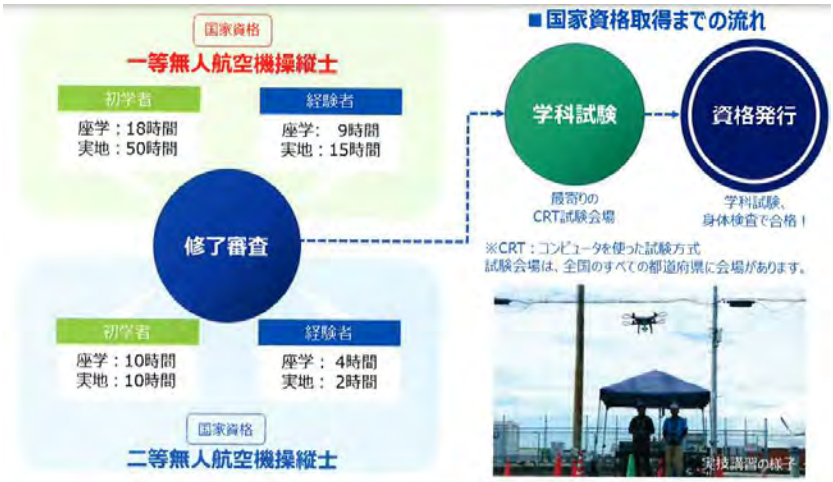
問い合わせ先

担当部課名	三信建材工業株式会社　開発室				
所在地	愛知県豊橋市神野新田町字二ノ割３５－１				
電話	0532-34-6066	FAX	0532-33-7155	E-Mail	kaihatsu@sanshin-g.co.jp

技術名称	国家資格ドローン講習
企 業 名	株式会社ミライト・ワン（株式会社ミラテクドローン）

技術の概要

2022年12月5日より「無人航空機操縦車技能証明制度」が開始され、制度導入以降は特定の飛行を行う際には無人航空機操縦者技能証明が必要、推奨されることになりました。



ドローンテクノポート神戸（神戸市東名で空く向洋町西3-1-10）
ドローンテクノポート熊谷（熊谷市村岡345-1）　2か所のドローンフィールドにて開校

コース		講習内容	講習時間	講習費用（税込） ※テキスト代を含んでいます	参 考 ※受講のご参考に願います
一等無人航空機操縦士	経験者コース（最短５日）	・学科 ・実地 （基本＋限定変更目視内）	座学： 9時間 実地：15時間	411,400円	二等無人航空機操縦士取得済みの方、または、民間ライセンス取得済みの方
	初学者コース（最短12日）	・学科 ・実地（基本）	座学：18時間 実地：50時間	ご相談ください。	
二等無人航空機操縦士	経験者コース（最短２日）	・学科 ・実地（基本）	座学：４時間 実地：２時間	136,400円	民間ライセンス取得済みの方
	初学者コース（最短５日）		座学：10時間 実地：10時間	378,400円	はじめてドローン資格を取得する方

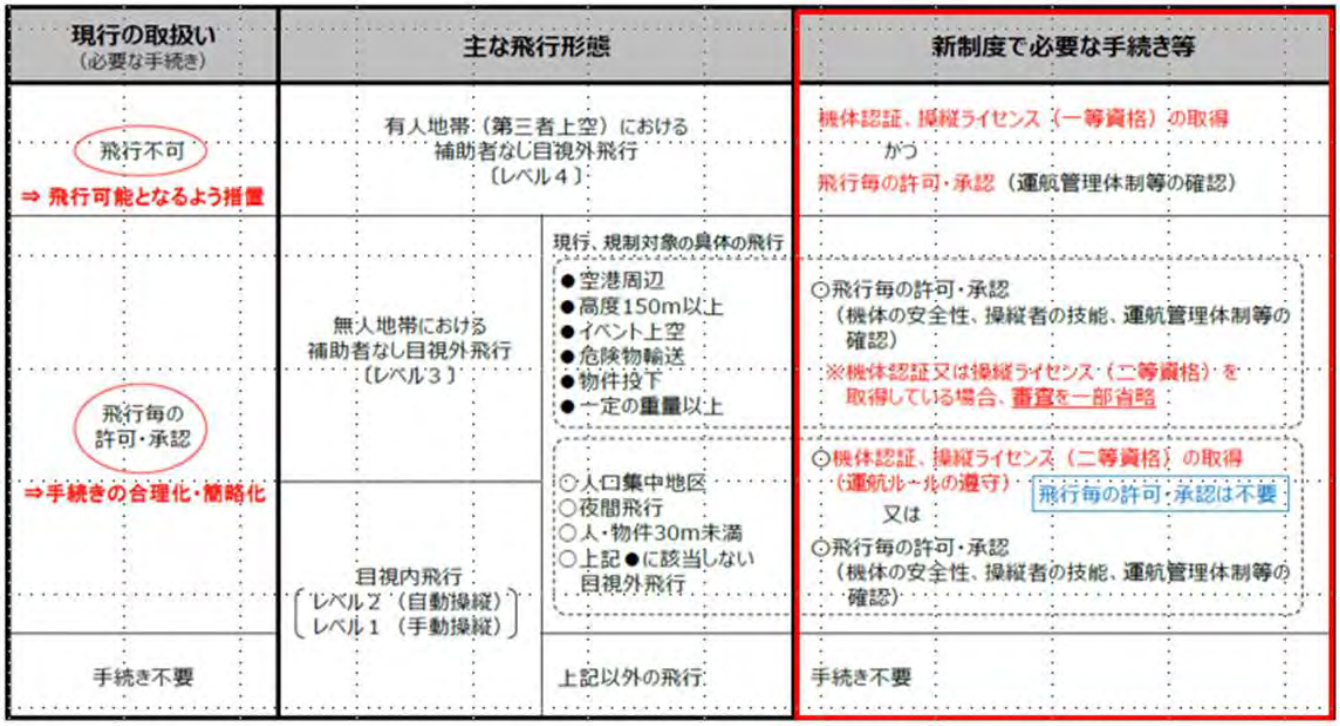
※交通費および宿泊費は受講者負担となります。また、資格申請費用にかかる費用は含まれておりません。
※補講費用、再審査費用は別途いただきます。
※当日の気象状況などにより、延期または中止になる場合がございます。あらかじめご了承願います。
※民間ライセンスとは、国土交通省「登録講習機関情報一覧（回転翼航空機（マルチローター））」に掲載されている機関が発行したライセンスです。
※一等無人航空機操縦士経験者コース以外の目視内限定変更、昼間限定変更については、ご相談ください。

技術の特徴

一等ライセンス制度
▶現行の航空法で飛行が禁止されているレベル4飛行を実施するために必要なライセンス制度。
第一種機体認証を受けた機体で、適切な運行管理体制を
設けた上で飛行許可・承認申請を行い許可・承認が得られればレベル4飛行が可能。

二等ライセンス制度
▶飛行許可・承認が必要だった人口集中地区、人・物件との距離30m以内夜間【限定変更時】・補助者ありの目視外【限定解除時】を飛行許可・申請を不要にできるライセンス制度。
第二種機体認証を受けた機体で飛行のルートの立入管理措置や安全確保措置などの運航ルールを守ることが前提。　※カテゴリⅡA飛行は申請が必要

カテゴリについて
▶カテゴリⅡA飛行
…空港周辺・高度150m以上・催し場所上空・危険物輸送及び物件投下の飛行最大離陸重量25ｋｇ以上の無人航空機の飛行　等
▶カテゴリⅡB飛行
…上記以外の飛行。



その他（特記事項）

なし

特許関係情報

なし

受賞実績

なし

技術評価・成果確認等実績

なし

技術紹介サイト

https://www.miratecdrone.co.jp/service/drone_school/

問い合わせ先

担当部課名	株式会社ミラテクドローン　営業本部西日本営業部				
所在地	本社：東京都品川区荏原1-20-10　神戸事務所：神戸市東灘区向洋町西3-1-10				
電話	078-940-0307	FAX	03-6700-6510	E-Mail	mtc-drone-alliance@mirait-one.com

技術名称	民間資格ドローン講習
企 業 名	株式会社ミライト・ワン（株式会社ミラテクドローン）

技術の概要

JUIDA※1とは、無人航空機システム（UAS※2）の民生分野における積極的な利活用を中立な立場で推進する団体です。当社はJUIDA認定スクールとして、ドローンパイロットとしての基本技術と法規・安全に関する基本知識のカリキュラムを提供します。（受講後は、申請により、JUIDA証明証を取得することが可能です。）

※1：一般社団法人日本UAS産業振興協議会
※2：UAS=Unmanned Aircraft Systemsの略
　　JUIDA（一般社団法人日本UAS産業振興協議会）の認定コース

受講費　：期間3日間　220,000円（税抜き）
開催場所：ドローンテクノポート神戸（神戸市東名で空く向洋町西3-1-10）
　　ドローンテクノポート熊谷（熊谷市村岡345-1）　2か所のドローンフィールドにて開校
カリキュラム：

日	講習区分		科目
1日目	座学（WEB実施）	操縦技能（座学）カリキュラム	UAS概論　法律・ルール　自然科学 夜間・目視外　技術・運用
		安全運航管理者カリキュラム	安全運航管理
			安全とリスク対策
2日目	実技	操縦技能（実技）カリキュラム	整備・点検演習
			実技訓練（基礎）
	座学	安全運航管理者カリキュラム	リスクアセスメント研修
3日目	実技	操縦技能（実技）カリキュラム	実技訓練（基礎）
			操縦技能資格　修了検定
	試験	修了試験	操縦技能試験
			座学試験
			安全運航管理試験

技術の特徴

ドローン飛行する際には国土交通省航空局への申請が必要となります。
申請内容には技術者の技能を証明する項目があり、資格を持っていると技術者証NOを記載することで技能の証明が可能。JUIDAは国内一の認定機関であり多くのパイロットを輩出しており、国家ライセンス取得時も経験者として免除項目があり有効。

弊社スクールの修了試験合格後は、申請手続きを行った上で、「無人航空機操縦技能証明証」と、「無人航空機安全運航管理者証明証」の取得が可能となります。

【無人航空機操縦技能】

【引用元：JUIDA公式HP】

【無人航空機安全運航管理者】

その他（特記事項）
なし

特許関係情報	受賞実績	技術評価・成果確認等実績
なし	「ＪＵＩＤＡ ＳＣＨＯＯＬ ＡＷＡＲＤＳ ２０２１」にて、最上位である「理事長賞」を受賞 「理事長賞」は、2020年4月から2021年3月の1年間に各スクールにおいてＪＵＩＤＡ指定のカリキュラムの実施と併せて、受講生のドローンに関する法律やルールなどの知識および操縦技術力の向上や、ドローンを安全に運航することの重要性理解のために、スクール独自に行ったドローンに関する教育活動の中で最も優れている活動を評価する賞となりま	なし

技術紹介サイト	https://www.miratecdrone.co.jp/service/drone_school/

問い合わせ先					
担当部課名	株式会社ミラテクドローン　営業本部西日本営業部　佐藤智弥				
所在地	本社：東京都品川区荏原1-20-10　神戸事務所：神戸市東灘区向洋町西3-1-10				
電話	078-940-0307	FAX	03-6700-6510	E-Mail	mtc-drone-alliance@mirait-one.com

技術名称	ポールカメラを用いた水管橋点検
企 業 名	三信建材工業株式会社

技術の概要

【技術概要】
・最大11.5m伸びる伸縮型ポール（以下、ポールカメラ）の先端に搭載した高解像度カメラや360度カメラ等で静止画、もしくは動画を撮影し、取得したデータから損傷箇所の検出と図面記録を行う。
・ポールカメラは人力で移動と伸縮を行う。
・ドローンでは進入、撮影ができないような狭隘部や重点的に確認したい箇所などでポールカメラを適用することにより、大きな手間をかけずに点検精度を向上させることができる。

◇ポールカメラ仕様

・高さ11.5m（最長）の伸縮型
・ドローンと同一カメラの搭載（およそ1Kg以下のカメラ搭載可能）
・1～2人体制（ドローンは3人）
・電動雲台あり（自由にカメラの角度を変更）

◇現場での適用

・ドローンが搬入、進入できず、人のみ立ち入れる箇所
・ドローンを飛ばすまでもないが、近接するには遠い箇所　・・・etc

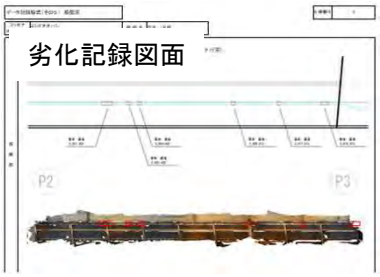
技術の特徴

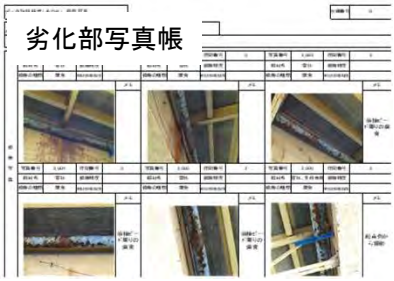
・ドローンが進入できない狭隘部（30cm四方程度）にも進入することが可能
　⇒ドローンとポールカメラの併用により点検可能範囲を補完
・特別な申請等が不要のため、事前準備の手間が少ない
　⇒緊急時等でも使用可能
・カメラの上下角度を－90度（真下）～＋90度（真上）まで遠隔で操作できるため、見上げ、水平、見下げ撮影すべてに対応可能
・河川内での作業は、水深80㎝未満で水流が穏やかであれば可能　※要現地確認

＜狭隘部活用例＞

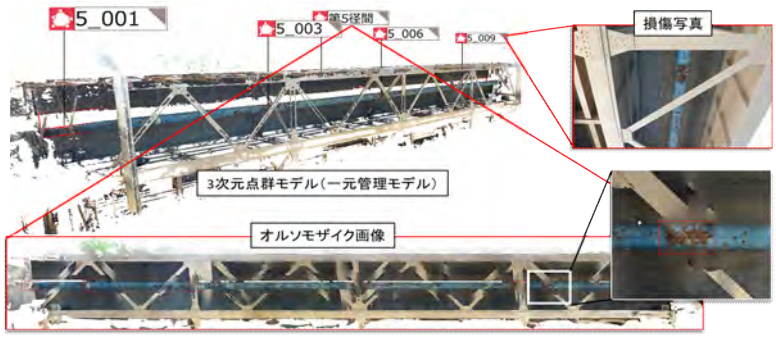
＜撮影画像例＞

＜従来成果物＞





＜3次元モデル、一元管理モデル＞



その他（特記事項）

・当社にて現地での撮影業務から画像処理、劣化記録図面、写真台帳作成まで実施

【導入事例】
愛知県内水管橋：8橋実施　※（）内は点検撮影に要した概算日数
・ランガー補剛形式　橋長200m未満：2橋（1日／橋）、橋長200m以上：3橋（2～3日／橋）
・トラス補剛形式　橋長50m程度：2橋（0.5日／橋）
・橋梁添架形式　橋長300m：1橋（0.5日／橋）
※上記実績は、主にドローンとの併用にて活用

特許関係情報	受賞実績	技術評価・成果確認等実績
なし	なし	国土交通省　橋梁点検支援技術性能カタログ掲載

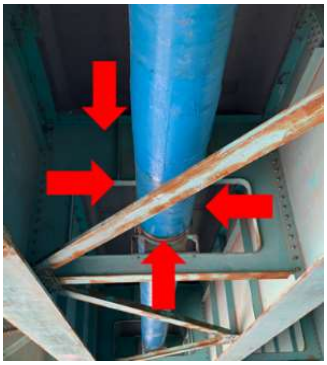
技術紹介サイト	https://sanshin-g.co.jp/business/drone/infrastructure-structure

問い合わせ先					
担当部課名	三信建材工業株式会社　開発室				
所在地	愛知県豊橋市神野新田町字二ノ割３５－１				
電話	0532-34-6066	FAX	0532-33-7155	E-Mail	kaihatsu@sanshin-g.co.jp

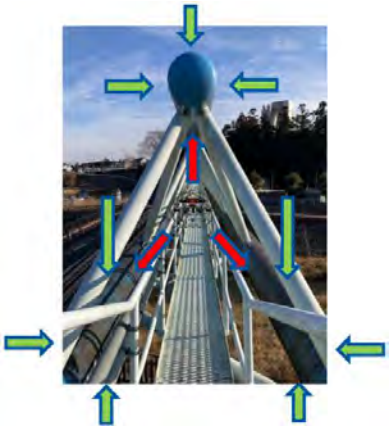
技術名称	ドローンを用いた水管橋点検・劣化診断技術
企 業 名	株式会社フソウ

技術の概要

水管橋の点検において、点検歩廊等で寄り付きができない場合、従来は仮設足場や橋梁点検車、ボート等にて寄り付いて目視点検を行っている。このため、高所や狭所等の点検には多大な労力や時間がかかっていた。
本技術は、寄り付きが困難な形状の水管橋においてもドローンによる間接目視（画像調査）により劣化診断を行うことが可能。



撮影イメージ
（橋梁添架管）



撮影イメージ
（トラス形式）

ドローン１（狭小スペースの点検が可能）
- 特徴
  接触しても墜落せずに安定した飛行を継続可能
- 得意とする水管橋形式
  橋梁添架管の桁内やトラス形式の内側など
  （狭小な点検スペースでも飛行可能）
- 自動飛行　不可

ドローン２（自動飛行が可能）
- 特徴
  操縦者に依らず、一定速度,一定高度で飛行可能
- 得意とする水管橋形式
  長距離、広いスペースが確保できる水管橋
- 自動飛行　可

ドローン１
（全方位ガード

狭小部の撮影状況
（橋梁添架管）

水管橋劣化診
断水管橋の画像から劣化状況（よごれ）を診断し、3段階で評価することが可能。

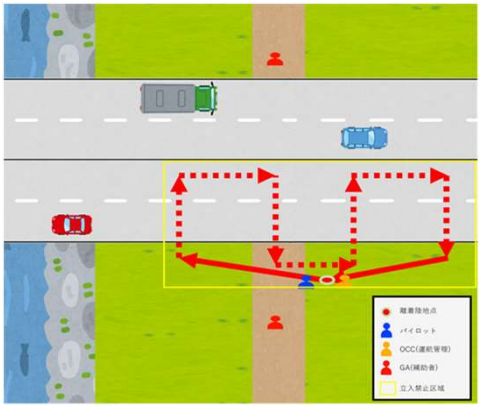
技術の特徴

ドローン１（狭小スペースの点検が可能）
- 全方位ガードにより飛行中に周辺物と接触しても墜落せずに安定した飛行を継続できるため、汎用ドローンでは難しい橋梁添架管の桁下やトラス形式の内側など、点検スペースが狭小な水管橋の点検が可能。
- また、FPV（ドローン視点）による飛行＋高照度のLEDによる撮影が可能で、目視飛行が難しい箇所、外光が遮断され十分な光量が確保できない箇所でも、鮮明な画像を撮影することができる。
- これにより、今までは足場等の設置が必要だった高所や目視点検が難しい橋梁添架管上面なども点検が可能。
- また、FPVの画像を外部モニタへの出力やタブレット等にミラーリング（画像共有）することにより、操縦者以外もドローンからの画像をリアルタイムに確認することが可能となるため、現場での劣化判断や記録作成に活用できる。ドローンに標準装備された4Kカメラ・赤外線カメラ・LiDARにより、動画・静止画・赤外線画像・点群データ（3Dモデルの作成）が取得できるほか、取得した点群データ内に飛行軌跡を表示することも可能。

狭小部の撮影状況
（橋梁添架管）

FPVによる点検状況

ドローン２（自動飛行が可能）
・自動飛行では、GPS信号等のGNSS（グローバル ナビゲーションサテライト システム）が受信できる環境と受信できない環境を跨ぐ際に飛行が不安定になる。橋梁下部の添架管の点検などではこれらが顕著になるが、ドローンに搭載したカメラやセンサーを用いた自己位置推定技術を活用することにより、GNSSが受信できる環境と受信できない環境を跨ぐ場合でも、安定した飛行が可能となり、指定したルートを自動で飛行・撮影することが可能となった。



自動飛行のルート例

水管橋劣化診断
・ドローンによる点検は、従来の目視点検に比べて点検可能箇所が増えることにより、点検時の撮影した画像データの確認作業負担が大きくなる。
・これに対応するため、水管橋の画像から劣化状況（よごれ）を診断し、「露出配管(水管橋等)～外面塗装劣化診断評価の手引き～(平成25年)　日本水道協会、日本水道鋼管協会 著」における４段階評価（０：よごれは著しい、１：中程度のよごれあり、２：ややよごれあり、３：よごれはほとんどなし）のうち、１から３の３段階評価が可能であることをAqua-Bridgeプロジェクトにおいて確認した。
（０段階については、該当がなかった）

その他（特記事項）

・塗装の白亜化や膜厚測定は、現地で実施することが望ましい。
・屋外での撮影のため、太陽光を意識した（逆光では撮影しにくい）飛行計画を立案したほうが良い。
・風速が5m/s以上、もしくは雨天や霧などにより十分な視界が確保できない場合は、飛行できない。
・FPVでの飛行や、自動飛行で操縦者の目視外で飛行を行う場合は、必要数の補助者を配置する必要がある。
・第三者の立ち入りを制限する旨の看板やコーンのほか、補助者の配置により、飛行範囲に第三者が立ち入らないように安全を確保する必要がある。
・今後実証を予定している事項（AIを用いた水管橋劣化診断）
ドローンで撮影した画像データの確認作業負担を軽減するため、画像データをAIに読み込ませ、「露出配管(水管橋等)～外面塗装劣化診断評価の手引き～(平成25年)　日本水道協会、日本水道鋼管協会 著」に則っとり「汚れ・サビ等を3～4段階」で劣化診断を実施することで、確認作業負担の軽減を図る予定である。なお、現時点では、撮影範囲に水管橋以外が写り込んだ際、AIが誤判定を行うことがある。これは、対象のみにトリミング（切り取り）処理を行うことで改善するため、今後は、セグメンテーション（対象のみの抜き取り）技術と組み合わせることにより、判定精度の改善を図る予定である。

特許関係情報	受賞実績	技術評価・成果確認等実績
なし	なし	Aqua-Bridge プロジェクト

技術紹介サイト	

問い合わせ先

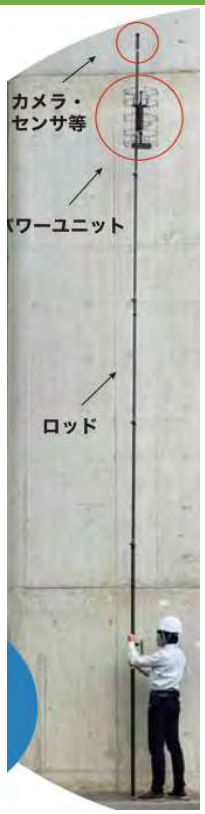
担当部課名	ソリューションデザイン事業部				
所在地	東京都中央区日本橋室町２－３－１				
電話	03-6880-2119	FAX	03-6880-2208	E-Mail	s.tanaka@fuso-inc.co.jp

技術名称	たおれん棒
企業名	株式会社ミライト・ワン（株式会社ミラテクドローン）

技術の概要

ドローンの技術を応用し、ロッドの自立を制御する仕組みでたおれない棒を実現。
　加速度センサで傾きを検知し、プロペラの起こす推力でロッドを常に自立させる。
プロペラ4枚が90度ずつずらして配置しており360度の傾きに対応できる。

［パワーユニット］



技術の特徴

たおれん棒の特徴
①先端にカメラなどを設置することで高所の撮影に活用が可能
　パワーユニットが自立をアシストすることで人への
　負荷が減り高所撮影が一人でも可能に。
②自立をアシストすることで重量の負荷が減少し、ロッド
　伸ばしたままでも大きな負荷なく移動が可能。
③パワーユニットにより先端の揺れを吸収し、ロッドのみ
　撮影よりカメラの揺れを現象出来る。
④2万ボルトの耐電圧処理をしたロッドもあり電力設備点
　での感電事故の防止にも配慮。

その他（特記事項）
なし

特許関係情報	受賞実績	技術評価・成果確認等実績
特願2018-71729 特開2019-184677	なし	なし

技術紹介サイト	https://www.miratecdrone.co.jp/service/drone_system_sales/

問い合わせ先					
担当部課名	株式会社ミラテクドローン　営業本部西日本営業部				
所在地	本社：東京都品川区荏原1-20-10　神戸事務所：神戸市東灘区向洋町西3-1-10				
電話	078-940-0307	FAX	03-6700-6510	E-Mail	mtc-drone-alliance@mirait-one.com

技術名称	戦略的点検マニュアルの策定支援
企 業 名	株式会社日水コン

技術の概要

1 戦略的点検マニュアルの必要性

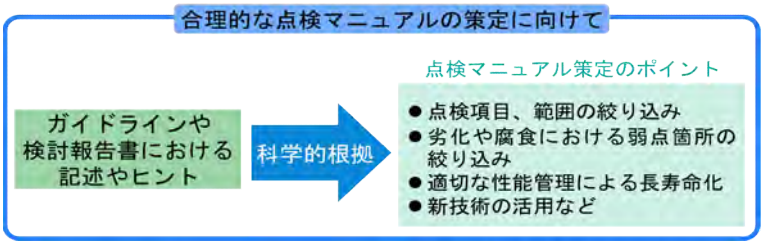
厚生労働省では、2023年（令和5年）3月に水道施設の維持・修繕の基準となる水道法施行規則第17条の2を改正し、水管橋等における点検頻度や点検・修繕記録の保存等の基準を追加した。併せて「水道施設の点検を含む維持・修繕の実施に関するガイドライン」（以降ガイドラインと称す）を改訂し、水管橋の点検方法等を明確化した。

水道事業体によっては1,000橋以上の水管橋を保有している事業体も少なくなく、これらの効率的・効果的な維持管理を行うためには、ガイドラインに沿って、体系化された点検マニュアルを策定し、計画的な保全を実施することが喫緊の課題である。

2 セールスポイント

今後の水管橋の点検に当たっては、各水道事業体の判断や創意工夫のもと、合理的かつ効率的な水管橋等の維持管理を行うことが望ましい。

一方、「水管橋の種類や形状は様々であり、効率的な点検を行う上での具体の点検手法が判らない」といった現場の様子も窺える。ガイドラインには合理化の方法についての考え方が示されており、これらを踏まえた各事業体に応じた点検マニュアルを策定することが有効であると考える。



技術の特徴

マニュアル策定支援に関する検討項目

点検作業方針の設定では、合理的な点検を行うことを目的として、施設の構造諸元、維持管理情報、周辺環境条件などを整理したうえで、事業体に応じた点検の要点を明確にし、水管橋に関する劣化状況データや科学的な根拠に基づき、より具体的な点検作業の方針を事前に設定する。

点検方法の設定では、道路橋管理者等の他企業との共同点検や、ドローン、ロボットカメラ、振動測定の活用などの新技術適用による現実的な効果も踏まえ最適な方法を提案する。

診断方法の設定では、それぞれの施設の重要度や維持管理の方針（耐用年数、要求性能等）、及び維持管理のトータルコスト（腐食防止費用、点検作業費用、更新費用等）を踏まえて各性能を適切かつ合理的に診断できる方法を設定する。具体としては、グレード判定法を用いた劣化の進展と性能低下の関係に着目し、劣化状態の程度を潜伏期、進展期、加速期、劣化期に区分し、これらの劣化状態の程度において、維持管理限界を予め設定し、性能（使用性、安全性、景観性）の正確な診断による合理的な対策を実施することを提唱する。

マニュアル策定支援に際しての検討項目を以下に示す。

- マニュアルの適用範囲の設定
- これまでの維持管理情報の整理
- 点検対象水管橋の絞り込み
- 点検実施体制の設定
- 点検の要点整理【初期欠陥や腐食・劣化の傾向把握等】
- 点検方法や診断方法の設定
- 維持管理（点検）計画の策定
- 点検作業要領の作成
- 点検台帳の作成

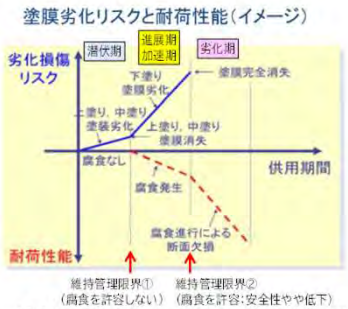
点検マニュアルのセールスポイント

劣化や腐食における弱点箇所の抽出
（腐食しやすい弱点部としては、塵埃の堆積や水の滞留が生じやすい狭隘部や凸凹部など）

点検項目や点検対象範囲の絞り込み
点検項目の省略（点検方法の簡素化）

劣化や腐食の進展を許容した、維持管理による施設の長寿命化（塗装更新間隔の長期化）

新技術を用いた調査の提案
（衛星データ解析を用いたリモートセンシングや振動数計測、AI技術を画像処理や計測データ処理に用いる技術）



グレード	劣化過程	段階区分	性能評価	調査方法	診断方法	点検頻度の目安	維持管理限界
Ⅰ	潜伏期	健　全	性能に支障が生じていない状態	基本調査	定性的評価 ※腐食の発生や劣化の進展などの変状状況の評価	5年	
Ⅱ		予防保全措置段階	性能に支障は生じていないが、予防保全の観点から措置を講じることが望ましい状態				（劣化を許容しない） ▽ 維持管理限界①
Ⅲ	進展期 加速期	早期措置段階	性能に支障が生じる可能性がある、または生じていても軽度な状態であり、早期に措置を講ずべき状態。部分的な補修等で対応できる。	詳細調査	定量的評価 ※部材厚の減少量の測定等や構造計算による耐荷力などの評価	※損傷部位や損傷状況、グレード進展の有無等により判断	（劣化リスクを管理） ▽ 維持管理限界②
Ⅳ	劣化期	緊急措置段階	性能に支障が生じている、または生じる可能性が著しく高く、緊急に措置を講ずべき状態	※早期に対応・修繕検討			※維持管理限界を超過

出典：厚生労働省（2023）『水管橋等の維持・修繕に関する検討報告書（令和5年3月）』

その他（特記事項）

なし

特許関係情報

なし

受賞実績

なし

技術評価・成果確認等実績

なし

技術紹介サイト

https://www.nissuicon.co.jp/

問い合わせ先

担当部課名	コンサルティング本部水道事業部				
所在地	東京都新宿区西新宿6-22-1新宿スクエアタワー　21階				
電話	03-5323-6230	FAX	03-5323-6483	E-Mail	suidojigyou_a@nissuicon.co.jp

編纂者コメント

あとがきにかえて、本報告書の編纂作業に携わった関係者にコメントを寄せてもらいました。

○藤原 聖幸（企業 WG 幹事長/コスモ工機株式会社　技術部　副部長）

本報告書の作成にあたり、プロジェクト関係者の皆さまをはじめ、多くの方々のご協力に感謝申し上げます。私は、このプロジェクトに取り組む中で、インフラメンテナンスへもっと注目してもらいたいという思いが強くなり、編集する力にもなりました。本報告書の情報が、水道関係者の皆さまの参考となり、水道事業における維持管理業務の効率向上に寄与できますことを願ってやみません。

○今村 健一（企業 WG 副幹事長/株式会社日水コン　水道事業部 東部水道部 技術第二課　主任）

本プロジェクトは、水道事業体の方々が主に水管橋の維持管理を行う上で「目視と同等以上の方法」により点検できる手法に着目し、実装する場合の手順やその効果、課題を取りまとめたものであります。その過程の中で、企業委員の皆さまの実証実験への多大なご協力、事業体委員の皆さまから貴重なご意見を頂き、多くの関係者の方々の協力により本報告書が完成しました。是非お手に取って頂き、一読頂けましたら幸甚に存じます。

○水野 陽介（事務局・主担当/公益財団法人水道技術研究センター　管路技術部　主任研究員）

維持管理業務の効率化の一助になればと発足した本プロジェクトですが、長岡委員長をはじめとする関係者の皆様のご協力により、1 年半という短い期間の中、報告書の編集を終えることができました。改めて御礼申し上げます。プロジェクトでの活動を通じて知ることができたドローン等新技術の有効性について、本報告書に反映することができたと考えています。適切な水道施設の維持管理のため、本報告書が少しでも参考になれば幸いです。

○熊谷 岳志（事務局/公益財団法人水道技術研究センター　管路技術部長）

当初、報告書は事例集を予定していましたが、長岡委員長をはじめ委員の方々から、ドローン点検の導入を促すような報告書にしてほしいといったご意見をいただき、ドローン点検のデータ整理方法や委託仕様書例など、事例集だけにおさまらない内容となった経緯があります。本報告書が水道施設の維持管理に携わる方々にとって、ひとつでも参考となる内容をお伝えできれば、このうえない喜びです。

○清塚　雅彦（事務局/公益財団法人水道技術研究センター　常務理事）

本研究では、水道界ではあまり普及していないドローン技術に焦点をあて、ドローンによる水管橋の点検にどこまで実用性があるのかを検証しました。検証にあたっては、事業体と参加企業の方々に精力的に活動していただいたお陰で、水管橋 12 橋で実証実験を行い、ドローン技術の特徴や課題について検証を行うことができました。その成果を本報告書にとりまとめましたので、全国の水道事業者にとって水道施設の点検におけるドローン技術の導入に参考になれば幸いです。