

次世代社会インフラ用ロボット開発・導入の推進

水中維持管理技術の現場検証・評価の結果

～水中維持管理に役立つ技術へ応募されたロボット技術の現場
検証・評価の結果をお知らせします～

平成28年3月30日

次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会

水中維持管理部会

水中維持管理部会委員

部会長	角 哲也	京都大学防災研究所 教授
委員	浦 環	九州工業大学 特別教授
	松野 文俊	京都大学 教授
	柏木 順	(一社)ダム・堰施設技術協会 参与
	小林 裕	(一社)建設コンサルタンツ協会 ダム・発電専門委員長
	岩見 吉輝	国土交通省総合政策局公共事業企画調整課 施工安全企画室長
	堀 与志郎	国土交通省水管理・国土保全局河川環境課 流水管理室長
	若林 伸幸	国土交通省水管理・国土保全局河川環境課 河川保全企画室長
	杉原 直樹	国土交通省国土技術政策総合研究所河川研究部 河川構造物管理研究官
	西崎 到	(国研)土木研究所 先端材料資源研究センター 材料資源研究グループ 上席研究員
	古賀 裕久	(国研)土木研究所 材料資源研究グループ基礎材料チーム 上席研究員 ((併)構造物メンテナンス研究センター)
	藤野 健一	(国研)土木研究所 技術推進本部 主席研究員
	岡本健太郎	経済産業省製造産業局産業機械課 課長補佐
	加藤 晋	(国研)産業技術総合研究所 知能システム部門 グループ長
	小谷 英毅	(国研)新エネルギー・産業技術総合開発機構 ロボット・機械システム部 主査

(敬称略)

※ (国研) は、「国立研究開発法人」を示す。

●事務局（問い合わせ先）

国土交通省総合政策局公共事業企画調整課 企画専門官 新田, 課長補佐 増, 係長 中根
E-mail: robotech@mlit.go.jp
Tel: 03-5253-8286 (課内直通)

次世代社会インフラ用ロボット開発・導入に係る現場検証支援業務（受託者）：
先端建設技術センター・日本建設機械施工協会・橋梁調査会共同提案体
(水中維持管理部門担当) 一般社団法人日本建設機械施工協会
担当：伊藤, 飯盛, 加藤
Tel: 0545-35-0212 (代表)

目次

1. 本取組について	1
2. 公募の概要	2
2-1 公募技術	2
2-2 公募期間	2
3. 公募の結果	3
3-1 応募数	3
3-2 現場検証数	3
3-3 現場検証技術	4
4. 現場検証の実施状況	5
4-1 ダム	5
4-2 河川	8
4-3 検証状況	10
5. 評価結果	15
5-1 総論	15
5-2 現場検証・評価結果の評価方法について	17
5-3 評価結果（個別）	26
6. 今後の展開（インフラ用ロボット情報一元化システム）	58
参考資料 現場検証技術概要	64

1. 本取組について

我が国の社会インフラを巡っては、これまで国民の安全・安心と活力を支えてきた多くの施設で進行する老朽化、また、年々リスクの高まる大規模地震や頻発する風水害等の災害、一方、社会情勢としての人口減少・少子高齢化の進行といった重要且つ喫緊の課題に対し、近年の ICT 等を活用し、効率的・効果的な対応を可能とする技術を開発し、導入することが求められている。

そこで、国土交通省及び経済産業省は、平成 25 年 7 月 16 日「次世代社会インフラ用ロボット開発・導入検討会」を共同設置し、現場ニーズと技術シーズとの擦り合わせ等の検討を経て、同年 12 月 25 日に「次世代社会インフラ用ロボット開発・導入重点分野」を策定し、今後取り組むべき事項を提示した。そこでは、重点分野に係るロボットについて、平成 26 年度、平成 27 年度の全国の直轄現場等における現場検証及び評価を通じ、開発・改良を促進し、現場検証の結果を踏まえ、平成 28 年度から現場への試行的導入を実施し、その後の本格導入を目指すこととしている。

【現状と課題】

- ・少子高齢化、人口減少による建設産業における労働力不足の懸念
- ・インフラの老朽化に対応した効率的な維持管理及び更新
- ・大規模災害への迅速な対応

【取組み内容】

- ・国交省と経産省が共同でロボット開発・導入が必要な「5 つの重点分野」を策定し、これらに対応できるロボットを民間企業や大学等から公募し、直轄現場で検証・評価を行うことにより、開発・導入を促進

【5 つの重点分野】

(平成 25 年 12 月 24 日 国交省・経産省策定)

I 維持管理

① 橋梁

- ・近接目視を支援
- ・打音検査を支援
- ・点検者の移動を支援

② トンネル

- ・近接目視を支援
- ・打音検査を支援
- ・点検者の移動を支援

③ 水中(ダム、河川)

- ・近接目視を代替・支援
- ・堆積物の状況を把握



II 災害対応

④ 災害状況調査
(土砂崩落、火山災害、トンネル崩落)

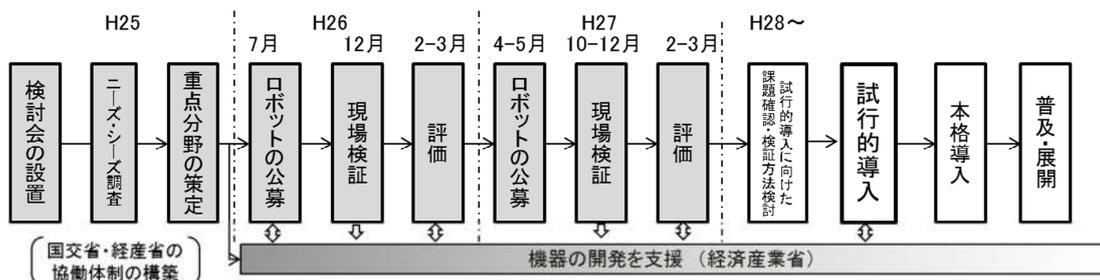
- ・現場被害状況を把握
- ・土砂等を計測する技術
- ・引火性ガス等の情報を取得
- ・トンネル崩落状態や規模を把握

⑤ 災害応急復旧 (土砂崩落、火山災害)

- ・土砂崩落等の応急復旧
- ・排水作業の応急対応する技術
- ・情報伝達する技術



【実施フロー】



2. 公募の概要

2-1 公募技術

- [1] ダムにおいて、ゲート設備の「腐食、損傷、変形」、堤体等のコンクリート構造物の「損傷等」及び洪水吐き水叩き部の「洗掘等」について潜水土による近接目視の代替（精査）または支援（概査）ができる技術・システム
- [2] ダムの貯水池において、堆砂等の「堆積物の状況」について全体像が効率的に把握出来る技術・システム
- [3] 河床の「洗掘等」について、災害査定等に用いることができる程度の精度で、幅・長さ・奥行等といった洗掘の全体像が効率的に把握できる技術・システム。また、河川護岸において、「コンクリート部の損傷、うき・剥離・剥落、豆板や、コールドジョイント部のうき・剥離・剥落、鋼矢板部の劣化・損傷状況等」について、潜水土による近接目視の代替（精査）または支援（概査）ができる技術・システム

2-2 公募期間

平成 27 年 5 月 28 日（木）～平成 27 年 6 月 18 日（木）

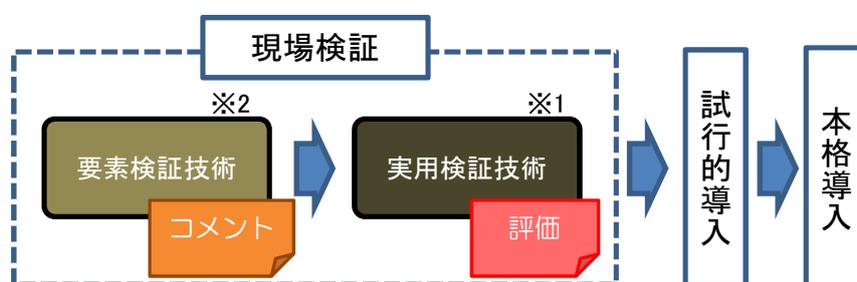
3. 公募の結果

3-1 応募数

13技術 11者（内、2技術の応募が2者）

3-2 現場検証数

実用検証技術^{※1} : 12技術 12者
要素検証技術^{※2} : 1技術 1者
辞退 : 2技術 2者



『現場検証』にかかる技術の分類について

※1 現段階で実現場での利用可能性があると判断される技術であり、実際の使用を想定した現場検証を実施した技術。

現場検証の結果として、確認された技術・システムの精度、安全性、効率、信頼性などを踏まえた評価を、想定される適用範囲や期待される活用場面および試行的導入に向けた課題とともに示す。

※2 現時点では技術・システムの一部が開発段階にあり、本来の技術・システムとしてではなく、構成する一部の要素技術を用いたデータ収集や各要素の稼働状況などの確認を目的として現場検証を実施した技術。または、検証現場の使用上、構造上の制約等によりシステムとしての検証がおこなえず、データ収集や各要素の稼働状況等の確認を目的として現場検証を実施した技術。

現場検証の結果は、確認された範囲で技術・システムの有効性、実用の可能性に関するコメントとして示す。

3-3 現場検証技術

No.	技術名称 (ロボット技術・システム名称)	応募者	共同開発者	検証項目※1, ※2			移動機構	技術構成		実施場所※2			NEDO※3	SIP※4
				[1]	[2]	[3]		センサ・データ収集機構 情報取得機構	取得情報等	天ヶ瀬ダム	弥栄ダム	妙見堰		
1	3Dレーザースキャナと水中3Dスキャナによる 維持管理点検技術	いであ(株)	-			①	陸上自走式運搬機	音響測深機 VRS-GNSS	3D測量図					
2	自動航行ロボットを用いた河床の赤泥把握と河川 護岸の調査システム	朝日航洋(株)	ハナソニック(株) (国研)国立環境研究所			①	ボート	音響測深機 光学カメラ D-GNSS	3D測量図 段彩断面 画像鮮明化 モザイク図					
3	吊り下げ水中ビデオカメラ及び小型ROVによる 水中維持管理システム	(株)SeaChallenge	東京マリナーズ株式会社 日本潜水機株式会社(apollo)			①	ボート(吊り下げ式) ROV	光学カメラ RTK-GNSS 深度センサ	画像		①			
4	画像鮮明化技術を用いたダム維持管理ロボッ システム	ハナソニック(株)	-			①	ROV	光学カメラ 深度センサ 6軸センサ 超音波ソナー	画像鮮明化処理 損傷自動抽出 クラックマップ モザイク図		①			
5	遠隔操作無人探査機による水中構造物診断シ ステム	五洋建設(株)	-			①	ROV	音響カメラ、光学カメラ、RTK-GNSS、 深度センサ、方位センサ、姿勢セン サ、全方位ソナー、水中測位装置	クラックマップ モザイク図		①			
6	マルチビームソナーと水中3Dスキャナ搭載ROV による維持管理点検技術	いであ(株)	-			①	ROV	水中3Dスキャナ 全周型2Dソナー 光学カメラ、D-GNSS、 USBL、コンパス	3Dフラットマッピング 3D測量図		①			
7	小型ブレード構造ROVを用いた水中維持管理技 術	ニッセイマリン工業(株)	長崎大学 日本理科大学 北九州市立大学			①	ROV	光学カメラ 浮体式水中測位装置 深度センサ、方位センサ 超音波測深機(距離センサ)	画像		①			
8	アクアジャスターによる姿勢制御した水中構造物 の健全性評価	(株)大林組	-			①	ROV	フロアライティングソナー 光学カメラ 深度センサ、方位計 USBL、TS(自動追尾)	モザイク図		①			
9	テザー伸縮操縦型の遠隔操作水中ロボットの開 発	(株)建設技術研究所	(株)ハイボット 東京工業大学			②	ボート	光学カメラ、レーザ距離計 深度センサ、姿勢センサ コンパス、ワイヤカウンタ	画像		②		○	
10	水中点検ロボットシステム	(株)アーケ・ジオ・サ ボート	東京大学生産技術研究所			①	ROV	音響カメラ 光学カメラ 深度センサ、DVL 障害物探査ソナー	モザイク図		①			
11	可変構成型水中調査用ロボット技術	(株)キュー・アイ	(国研)産業技術総合研究所 (株)日立製作所 ディフェンス システム社			①	ROV	光学カメラ、単独測位GNSS、深度セ ンサ、超音波距離センサ、ケーブルカ ウンタセンサ、レーザ距離計	クラックマップ モザイク図		①			○
12	河川点検ロボットシステム	(株)アーケ・ジオ・サ ボート	東京大学生産技術研究所			①	ボート	音響測深機 光学カメラ VRS-GNSS	段彩断 断面図 モザイク図				①	
13	自動航行水上電磁波レーダ探査システム	みらい建設工業(株)	朝日航洋(株) (株)メントック (株)アートシビルテック/ (株)シーラム			①	ボート	電磁波レーダ 光学カメラ 単独測位GNSS	レーダデータ 断面図				①	

※1 検証項目

[1]ダムにおいて、ゲート設備の「腐食、損傷、変形」、堤体等のコンクリート構造物の「損傷等」及び洪水吐き水叩き部の「洗掘等」について潜水士による近接目視の代替(精査)または支援(概査)ができる技術・システム

[2]ダムの貯水池において、堆砂等の堆積物の状況について全体像が効率的に把握出来る技術・システム

[3]河床の「洗掘等」について、災害定等に用いることができる程度の精度で、幅・長さ・奥行等といった洗掘の全体像が効率的に把握できる技術・システム

また、河川護岸において、「コンクリート部の損傷、うき・剥離・剥落、豆板や、コーブル・ジョイント部のうき・剥離・剥落、鋼矢板部の劣化・損傷状況等」について、潜水士による近接目視の代替(精査)または支援(概査)ができる技術・システム

※2 ①、「実用検証技術」：現段階で実現場での利用可能性があると思われる技術であり、実際の使用を想定した現場検証を実施した技術。

②、「重要検証技術」：現時点では実現場での利用は困難であるものの、今後の開発により実現場での利用が見込める技術であり、データ収集や各要素の稼働状況の確認などを目的として現場検証を実施した技術。

※3 「インフラ維持管理・更新等の社会課題対応システム開発プロジェクト」(NEDO)の対象技術

※4 「戦略的インフラ・インフラ維持管理・更新・マネジメント技術(内閣府)」の対象技術(水中維持管理調査では該当なし)

9	0	4	13
検証項目数			

4. 現場検証の実施状況

4-1 ダム

(1) ^{あまがせ}天ヶ瀬ダム

①検証時期：平成 27 年 11 月 5 日（木）～11 月 24 日（火）（予備日含む）

②検証場所：天ヶ瀬ダム

（右岸：京都市宇治市榎島町六石、左岸：京都府宇治市榎島町榎尾山）



ダム湖の状況
(堤体直上流付近)



ダム堤体上流面の状況
(EL. 68.6m付近)



施工位置図

やさか
(2) 弥栄ダム

①検証時期：平成 27 年 12 月 1 日（火）～12 月 8 日（火）（予備日含む）

②検証場所：弥栄ダム

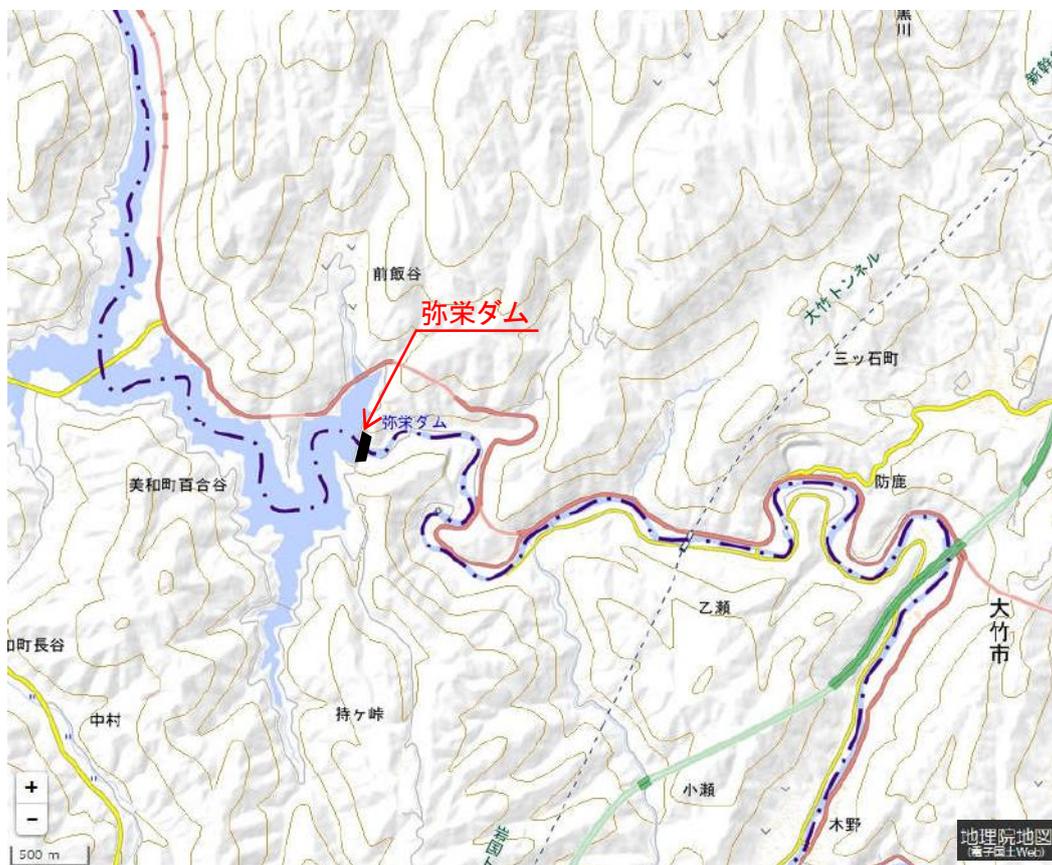
（右岸：山口県岩国市大字小瀬字二、左岸：広島県大竹市前飯谷）



ダム湖の状況
(堤体直上流付近)



ダム堤体上流面の状況
(EL. 106m付近)



施工位置図

(3) 対象とした公募技術と実施内容

【公募技術】

[1] ダムにおいて、ゲート設備の「腐食、損傷、変形」、堤体等のコンクリート構造物の「損傷等」及び洪水吐き水叩き部の「洗掘等」について潜水士による近接目視の代替（精査）または支援（概査）ができる技術・システム

【実施内容】

天ヶ瀬ダム及び弥栄ダムにおいて、水中部の堤体コンクリートの変状と横継目、水平継目の開き具合の調査およびゲート設備の腐食、損傷、変状調査による潜水士の負担軽減と高濁度下、40m 以深での潜水作業における安全性の向上と費用削減について検証を実施した（概査）。また、概査にて変状が認められた特定箇所にて潜水士と同等の精度の調査を行い、潜水士による近接目視の代替について検証を実施した（精査）。

4-2 河川

(1) 妙見堰 みょうけんげき

①検証時期：平成27年10月20日（火）～11月2日（月）（予備日含む）

②検証場所：妙見堰

（右岸：新潟県長岡市妙見町地先、左岸：新潟県小千谷市高梨町地先）



妙見堰全景
（堰直上流右岸側より）



右岸擁壁～魚道の状況
（堰直上流右岸側より）



施工位置図

(2) 対象とした公募技術と実施内容

【公募技術】

[3] 河床の「洗堀等」について、災害査定等に用いることができる程度の精度で、幅・長さ・奥行等といった洗堀の全体像が効率的に把握できる技術・システム。また、河川護岸において、「コンクリート部の損傷、うき・剥離・剥落、豆板や、コールドジョイント部のうき・剥離・剥落、鋼矢板部の劣化・損傷状況等」について、潜水士による近接目視の代替（精査）または支援（概査）ができる技術・システム

【実施内容】

妙見堰の直上流水域において、ゲート周辺部のコンクリート構造物や護床（河床）ブロックの深浅測量を行うとともに、河川護岸のコンクリート部擁壁や矢板護岸の変状調査を行い、取得情報の精度、記録の妥当性、作業の効率性、汎用性、及び安全性について検証を実施した。

4-3 検証状況

(1) ダム

No. 3

技術名称 吊り下げ式水中ビデオカメラ及び小型ROVによる水中維持管理システム

[技術分野]

応募者 株式会社 SeaChallenge

共同開発者 株式会社東京マリンサービス、日本潜水機株式会社、VWLAI

検証場所・実施日 (天ヶ瀬ダム) 平成27年11月18日

(弥栄ダム) 平成27年12月1日

検証状況



No. 4

技術名称 画像鮮明化技術を用いたダム維持管理ロボットシステム

[技術分野]

応募者 パナソニック株式会社

共同開発者

検証場所・実施日 (天ヶ瀬ダム) 平成27年11月5日

(弥栄ダム) 平成27年12月8日

検証状況



No. 5

技術名称 遠隔操作無人探査機による水中構造物診断システム

[技術分野]

応募者 五洋建設株式会社

共同開発者

検証場所・実施日 (天ヶ瀬ダム) 平成27年11月10日

検証状況



No. 6

技術名称 マルチビームソナーと水中3Dスキャナー搭載ROVによる維持管理点検技術
[技術分野]
応募者 いであ株式会社
共同開発者
検証場所・実施日 (天ヶ瀬ダム) 平成27年11月17日

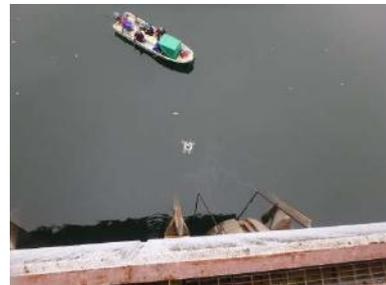
検証状況



No. 7

技術名称 小型フレーム構造 ROV を用いた水中維持管理技術
[技術分野]
応募者 ニッスイマリン工業株式会社
共同開発者 長崎大学、日本文理大学、北九州市立大学
検証場所・実施日 (天ヶ瀬ダム) 平成27年11月9日
(弥栄ダム) 平成27年12月2日

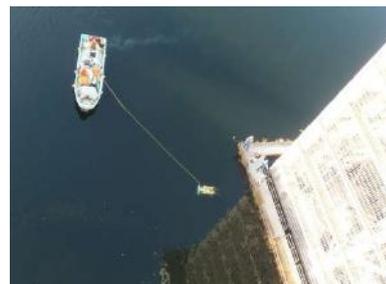
検証状況



No. 8

技術名称 アクアジャスターによる姿勢制御した水中構造物の健全性評価
[技術分野]
応募者 株式会社大林組
共同開発者
検証場所・実施日 (天ヶ瀬ダム) 平成27年11月20日
(弥栄ダム) 平成27年12月7日

検証状況



No. 9

技術名称 テザー伸展操舵型の遠隔操作水中ロボットの開発
[技術分野]
応募者 株式会社建設技術研究所
共同開発者 株式会社ハイボット、国立大学法人東京工業大学
検証場所・実施日 (天ヶ瀬ダム) 平成 27 年 11 月 11 日

検証状況



No. 10

技術名称 水中点検ロボットシステム
[技術分野]
応募者 株式会社アーク・ジオ・サポート
共同開発者 東京大学生産技術研究所
検証場所・実施日 (天ヶ瀬ダム) 平成 27 年 11 月 13 日

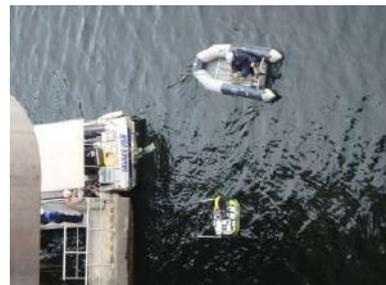
検証状況



No. 11

技術名称 可変構成型水中調査用ロボット技術
[技術分野]
応募者 株式会社キュー・アイ
共同開発者 株式会社日立製作所ディフェンスシステム社、
国立研究開発法人産業技術総合研究所
検証場所・実施日 (弥栄ダム) 平成 27 年 12 月 4 日

検証状況



(2) 河川

No. 1

技術名称 3Dレーザースキャナーと水中3Dスキャナーによる維持管理点検技術

[技術分野]

応募者 いであ株式会社

共同開発者

検証日 (妙見堰) 平成27年10月26日

検証状況



No. 2

技術名称 自動航行ロボットを用いた河床の洗掘把握と河川護岸の概査システム

[技術分野]

応募者 朝日航洋株式会社

共同開発者 パナソニック株式会社、国立研究開発法人国立環境研究所

検証日 (妙見堰) 平成27年10月22日

検証状況



No. 12

技術名称 河川点検ロボットシステム

[技術分野]

応募者 株式会社アーク・ジオ・サポート

共同開発者 東京大学生産技術研究所

検証日 (妙見堰) 平成27年11月2日

検証状況



No. 13

技術名称 自動航行水上電磁波レーダー探査システム
[技術分野]
応募者 みらい建設工業株式会社
共同開発者 朝日航洋株式会社、株式会社メンテック、
株式会社アートンシビルテクノ、株式会社シーラム
検証日 (妙見堰) 平成 27 年 10 月 23 日
検証状況



5. 評価結果

5-1 総論

今年度の水中維持管理に資するロボットは、

- [1] ダムにおいて、ゲート設備の「腐食、損傷、変形」、堤体等のコンクリート構造物の「損傷等」及び洪水吐き水叩き部の「洗掘等」について潜水土による近接目視の代替（精査）または支援（概査）ができる技術・システム
- [3] 河床の「洗掘等」について、災害査定等に用いることができる程度の精度で、幅・長さ・奥行等といった洗掘の全体像が効率的に把握できる技術・システム。また、河川護岸において、「コンクリート部の損傷、うき・剥離・剥落、豆板や、コールドジョイント部のうき・剥離・剥落、鋼矢板部の劣化・損傷状況等」について、潜水土による近接目視の代替（精査）または支援（概査）ができる技術・システム

について、より広い汎用性を確認する目的から、ダムについては型式の異なる天ヶ瀬ダム（アーチ式コンクリートダム）、および弥栄ダム（重力式コンクリートダム）において、ある程度の濁度がある条件下で現場検証を実施した。また、河川としては、多様な水流があり、水中構造物の状況を確認したいとのニーズのある妙見堰において、ダム用9技術、河川用4技術に対し現場検証を実施した。

○現場検証の概況

[1] については、水中での位置特定のために、GNSSや音響測位装置やドップラー速度計を組み合わせて実現した測位機能を搭載したROV（遠隔操作無人探査機）や水面上のボートから吊り下げ操作する探査装置、その組み合わせ方式が提案された。点検情報取得には、光学カメラや音響センサー等が用いられた。さらに、カメラ画像の鮮明化処理技術の効果も確認できた。

ダムにおける現場検証の結果としては、移動機構にROVを用いた技術では、概ね、水中の移動は可能であり、ダムの最深部まで到達できた技術もあったが、一部の技術では、水中のゲート設備が障害となり移動が困難となる事態も生じた。点検結果の出力情報としては、コンクリート面やゲート戸当り部の静止画の連続画像、音響センサーによる3D測量図、3Dフォトマッピング、クラックマップが作成されており、光学カメラ及び音響センサーで、相応に対象物の状況を把握できていた。また、一部の技術においては、点検後の後処理にて画像を鮮明化し、その画像から自動的に変状を抽出してマップ化する技術が用いられていた。

[3] については、ボート搭載型のセンサーで計測する方法と、陸上支持型のセンサーを水中へ入れる方法について検証を行った。センサーは、光学カメラ、音響センサー、電磁波レーダーの3種類が用いられた。

護岸や堰の変状及び河床の洗掘状況の把握においては、光学カメラ、音響センサー、電磁波レーダーはともに、相応に対象物の状況を把握できていた一方で、妙見堰の定期的に変化する水位及び多様な水流の影響から、ボート型の移動機構のロボットは、操作不能に陥る場面も生じた。

○現場検証の評価結果

「ダム用」については、潜水土の作業時間が制限される水深条件下における堤体やゲート設備を対象とした点検作業への適用を想定し、光学カメラや音響センサー等を搭載したROVについて検証を実施した。運動性能や姿勢制御性能、濁水環境下での高精細な画像取得性能などについて、優れた特長を有するロボットが複数確認できた。

なかでも光学カメラで取得した画像の鮮明化処理により、構造物の状況を鮮明な映像で確認できた技術は、堤体表面の損傷把握や継目の開き具合の計測に適用が期待できる。また、姿勢制御技術を用いて堤体に正対し、静止状態で観察（動画撮影）することにより漏水箇所を特定する等の作業を支援できる可能性があると考えられる。

また、現場検証で確認された少なくとも80m以上の耐圧性能に加え、優れた運動性能を有する

ROVに光学カメラ・音響センサーを組み合わせ、清掃用ブラシやグリーンレーザーにより正確なサイズ計測や変状の把握を可能とした技術や、ROVにジャイロ効果を利用した姿勢保持装置により安定した映像取得を可能とした技術の有効性が確認され、これらの技術は現場適用性が高いことが想定され、試行的導入に際し有望と考えられる。

2年間の現場検証を経て、応募技術の技術水準が向上し、水面及び水中構造物へのアクセス性能が高まり、点検対象物に自在に近づくことが可能な技術が出てきている。今年度の検証は、濁水中での映像取得性能、コスト優位性、変状の位置把握精度、現場適応性を基本要件とし、その評価結果に基づき試行的導入への推薦を行った。

なお、ROV搭載のセンサーについては、既存の製品の利用がほとんどであり、アクセス方法や取付け位置、使い方との組み合わせで、十分に実用レベルにあると考えられる。これらROVを用いて得られた点検成果に関しては、点検の1次スクリーニングとしての広範囲の調査(概査)、2次スクリーニングとしての特定箇所調査(精査)として2段階の点検をする場合において、構造物の概況及び詳細な損傷状況も、一部の技術では十分に把握できるレベルになってきている。

「河川用」については、ボート型、陸上自走型ともに有望と考えられる。

ボート型技術は、自律航行可能な無人ボートに高精度GNSS、光学カメラ及びスワス測深機(マルチビームソナー)を取付け、精度の高い水中の3次元地形データを広範囲に取得できる。ただし、現段階では実際の現場での活用は流速の制約を受けることから、今後は現場条件に則した運動性能を高めることで、河床や構造物周辺の洗掘状況等の調査への適用が期待できる。

陸上自走型技術は、自走式運搬機に搭載した水中3Dスキャナーと地上部用3Dレーザースキャナーを組み合わせて、濁りの影響を受けることなく水中構造物の形状を取得できた。ただし、アーム部分の構造は実際の現場での活用には制約を受けることから、今後は現場に則したアーム部の安定性、測定範囲の改善を図ることで水衝部など局所的な洗掘の調査への適用が期待できる。

今年度の検証は、基本要件を満足することに加え、面的な状態把握の可否、変状の位置把握精度、流速への対応力、コスト優位性に着目して有用度を評価した。

「ダム用」、「河川用」のこれらの実用化レベルに達してきている技術は、今後、実際の業務の一環での使用を通じて、その費用対効果も含め、現場適用性を検証すべく、試行的導入を進めることが可能であると考えられる。

○次年度の試行的導入に向けての課題と対応等

平成28年度の試行的導入に向けて、まずは、ある特定の河川やダムの現場で実際に行っている水中点検作業において、今回の有用なロボットが適用し得る場面を明確にし、試行的導入の具体的な形を明確にする必要がある。

ダムでは建設後30年を目途に実施されている総合点検において必要に応じて潜水調査が実施されている。また河川では定期横断測量や必要に応じて出水後の洗掘調査などが実施されている。試行的導入では、有望な技術の特徴を活かし、現場ニーズに合う形で具体的業務での利用法を明らかにして行く必要がある。

その際、今の技術レベルで行っていることのみをロボットに置き換えるといったことに留まらず、新しいロボット技術により、品質や効率が高められるような点検方法を見いだすことが、ロボット適用効果を高めるためには重要と考えられる。特に、既存技術では困難な、ダム用では高水深、河川用では高流速や流速変動のある環境下での使用実績を積むことが、ロボットによる点検技術導入の価値を高めることに大きく貢献するであろう。

試行的導入に際しては、その後の本格導入を見越して、現場適用性に係る評価指標及び方法を定めること、また既存の点検方法及び根拠としている点検のルールについて、ロボットの適用により見直すべき箇所を検討する必要がある。さらに、今後ロボットが収集する点検データを維持管理に使用する情報システムも重要になると考える。

水中維持管理部会 部会長 角 哲也

5-2 現場検証・評価結果の評価方法について

現場検証を行った実用検証技術、要素検証技術毎の現場検証評価結果を5-3に示す。

以下に対象技術毎の現場検証評価の方法について記載する。

なお、要素検証技術については、試行的導入への対象技術とはしない。

(1) 試行的導入への推薦の判断

今回の現場検証結果において、基本要件の要求事項を満足し、導入効果が期待できるとされた技術（基本要件の判定が全て「○」の技術）を「試行的導入」に推薦した。

基本要件を全て満たさなかった技術については、ロボット活用の目的である水中点検に対する支援効果の程度を考察したうえで、Ⅱ、Ⅲの2ランクとした。

I 「試行的導入」を推薦する。

今回の検証において、潜水士による近接目視の代替（精査）または支援（概査）での効果を有することが確認され、試行的導入を推薦する技術。

（基本要件が全て「○」の技術。ただし、公募技術[1]ダムに関する技術では、「ダム堤体」および「ゲート設備」について、「概査」および「精査」の検証をすべて実施した技術に限る。）

II 要改良事項が解決されれば活用が期待できる。

今回の検証において、潜水士による近接目視の代替（精査）または支援（概査）での効果は限定的となることが想定されるが、幾つかの改良により実用レベルでの代替または支援の効果が期待される技術。または、機器・システムの不調等で十分なデータが得られなかった技術。

（基本要件に「×」はないが「△」がある技術、または公募技術[1]ダムに関する技術で、「ダム堤体」および「ゲート設備」について、「概査」および「精査」の検証をすべて実施できなかった技術。）

III 活用に向けて今後の技術開発を期待する。

今回の検証では、開発途上等の理由により、提案されたシステムの検証に必要な十分なデータが得られなかった技術。

（基本要件に「×」がある技術）

総合評価の結果に応じて、「適用範囲」、「活用場面と期待される効果」、「期待される改良・開発事項」をコメントとして示す。

(2) 技術の有用度

現場検証において基本要件を全て満足することが確認された技術（「試行的導入」を推薦するとした技術）については、その有用度に応じて、「★★★」「★★」「★」を付与し、その他のものは「—」とした。

★の数は、公募技術の基本要件の評価結果を総合的に判定し、有用度の高いものから「★★★」「★★」「★」としており、その考え方については利用場面毎に設定した。

【ダム】

「ダム堤体」および「ゲート設備」について、「概査」および「精査」の検証を全て実施した技術には、基本要件の判定が全て「○」以上である場合に「★」を併記し、『「試行的導入」を推薦する。』とした。

また、「◎」の数に応じて、以下の通り★印を付与した。

★★★：基本要件①および②の評価が「◎」の場合

★★：基本要件①～④のうち一つ以上「◎」がある場合

★：上記以外の場合

【河川】

基本要件の判定がすべて「○」以上のものに『「試行的導入」を推薦する。』の評価を与え、★印を付与した。

★の数は、(1) 面的な状態把握が可能

(2) 河床の洗掘箇所的位置把握精度が1 m以内または護岸の変状箇所的位置精度が10cm以内

(3) 流速1 m/s程度に対応可能

(4) 点検コストが従来方法より優位

の4つの要件のうち満足する件数により、下記に示すとおり1～3個付与する。

★★★：上記4要件すべてを満足する場合

★★：4要件のうち、3要件を満足する場合

★：満足する件数が2件以下の場合

(3) 検証項目毎の評価

公募要領に示す基本要件および期待項目については下表に示す観点・方法により2～4ランクの評価を行った。評価結果は今回の現場検証結果に基づくものであり、比較する従来点検は本検証において事務局が実施した従来点検結果である。

1) ダム

項目	検証項目と判定基準	
基本要件①	検証項目	濁水中でも、画像、照明技術、レーザー、音響等を使用して状態把握が可能。
	判定基準	◎:画像鮮明化技術を有しており、より鮮明に状態把握が可能な場合 ○:状態把握が可能な点検結果が提出されている場合 △:点検結果が提出されているが不鮮明で状態把握が困難な場合 ×:提出不可の場合
基本要件②	検証項目	従来の方法(潜水士による点検等)に比べ、費用対効果の面で優位となる。
	判定基準	◎:40m以深で従来点検の費用と比べて5割以下になる場合 ○:40m以深で従来点検の費用と比べて概ね同等かそれ以下(2割増~5割減の範囲)になる場合 △:40m以深で従来点検の費用と比べてと同等以上(2割増~2倍の範囲)になる場合 ×:40m以深で従来点検の費用と比べて2倍以上
基本要件③	検証項目	技術・システム自体の機能または点検対象物等の目印を用いて対象の位置を把握する精度は、ゲート設備や堤体等のコンクリート部では概ね10cm以内、洪水吐き水叩き部では概ね1m以内。
	判定基準	◎:位置把握精度が概ね10cm以内の場合 ○:位置把握精度が概ね10~120cmの場合 △:位置把握精度が概ね120cm以上の場合、または位置把握は可能であるが時間的制約や機器故障等により今回の検証で確認できていない場合 ×:位置把握が不可の場合 ※今回は、洪水吐き水叩き部の検証を実施していないため、判定はなし
基本要件④	検証項目	濁度、水流、流木の存在等の現場条件は、現場検証場所での検証時期のものを想定。
	判定基準	※今回の応募技術はすべて現場条件において検証を実施したため、○と判定した ※現場条件(天ヶ瀬ダム)濁度:1~3NTU(0m~-25m)、水流 無し (弥栄ダム)濁度:0~2NTU(0~-25m)、水流 無し、選択取水設備スクリーン流木嚙込み(-40.5m、-51.89m、-55.48m)
期待項目⑤	検証項目	水深40m以上の点検対象物まで対応可能。(80m以上潜航できる技術はより高く評価)
	判定基準	◎:弥栄ダムで概ね80m以上潜航できている場合 ○:今回の検証で概ね40m以上潜航できている場合、または実績の報告がある場合 △:性能上は可能であるが、今回の検証で確認できていない場合 ※今回の応募技術はすべて性能上40m以上潜航可能であるため、×の判定はなし
期待項目⑥	検証項目	点検データを継続的に保管し、履歴管理を行い、経年変化が比較できる。
	判定基準	○:位置情報や撮影日時等を有する画像や、写真等をつなぎ合わせた画像等が提出されている場合 ×:位置情報や撮影日時等を有する画像や、写真等をつなぎ合わせた画像等が提出されていない場合 ※今回は、記載内容の詳細までは審査の対象としていないため、◎△の判定はなし
期待項目⑦	検証項目	点検に際し、自動航行または自律制御が可能。
	判定基準	○:自動航行または自律制御の機能を有する場合 ×:自動航行または自律制御の機能がない場合 ※今回は、性能の詳細な比較ができないため◎△の判定はなし ※設定された調査経路を自動で調査するロボットはなかったが、姿勢、対象物との距離、水深、方位を保持する制御の機能を有するロボットはあり
期待項目⑧	検証項目	現場への搬入、設置及び撤去が容易。
	判定基準	◎:簡易な器具を用いて人力のみで、搬入・設置が60分以内、撤去が60分以内で行うことが可能な場合 ○:簡易な器具を用いて人力のみ、または簡易な器具とクレーン付きトラック等で可能な場合 △:大掛かりな設備やホイールクレーン等の大型機械が必要な場合
期待項目⑨	検証項目	他の多くの現場において効果を発揮できる。(汎用性)
	判定基準	◎:ダム堤体や構造物以外にも適用可能と判断される場合(ロボットの運動性能が高く法面等にも適用が認められる場合) ○:ダムや構造物の形状や環境条件によらず適用可能と判断される場合 △:ダムや構造物の形状や環境条件によっては適用困難と判断される場合(吊下げ式ロボットはボートによる横移動が必要、またアーチ式ダムでは適用困難)

項目	内 容	
期待項目⑩	検証項目	点検箇所の手拭きができる。ただし、手拭き対象物の塗装に損傷を与えない。
	判定基準	○:手拭き機能を有する場合 △:手拭き機能を有するが改良や対策をすべき課題のある場合、もしくは今回の検証で未検証の場合 ×:手拭き機能がない場合 ※今回は、性能の詳細な比較ができないため○の判定はなし
期待項目⑪	検証項目	点検の障害物(流木、砂礫、ゴミ等)の回避あるいは除去が可能。
	判定基準	◎:点検の障害物の回避および除去の両方が可能な場合 ○:点検の障害物の回避あるいは除去のどちらかが可能な場合 △:点検の障害物の回避あるいは除去のどちらかが可能であるが改良や対策をすべき課題のある場合(吊下げ式ロボット等で動きに制約がある場合) ×:点検の障害物の回避および除去の両方が不可の場合
期待項目⑫	検証項目	コンクリート構造物表面の劣化状況等が面的に確認できる。
	判定基準	○:写真等をつなぎ合わせた画像やクラックマップ等の成果物が提出されている場合 ×:今回の検証で成果物が提出されていない場合 ※今回は、記載内容の詳細までは審査の対象としていないため、◎△の判定はなし
期待項目⑬	検証項目	クラック等を確認した場合、その幅、長さ、漏水の有無について簡易測定が可能。
	判定基準	◎:クラック等の幅、長さ、漏水の有無について簡易測定が可能な場合(漏水の有無は、ロボットが静止した状態でダム堤体に正対して撮影ができるかどうかで判断する) ○:クラック等の幅、長さについて簡易測定が可能な場合 △:クラック等の幅、長さについて簡易測定が可能であるが、今回の検証で未検証の場合 ×:クラック等の幅、長さについて簡易測定が不可の場合
期待項目⑭	検証項目	洗掘の広さ及び深さが確認でき、その全体状況を分かりやすく表示できる。
	判定基準	※今回は「洪水吐き水叩き部」の検証を実施していないため、すべて対象外「—」とした。
期待項目⑮	検証項目	ボルトやナットの緩み、または、ガイドレールやワイヤーの腐食や損傷度合いについて、潜水士による触診の代替または支援が可能。
	判定基準	◎:潜水士による触診の代替が可能な機能を有し今回の検証で点検結果の報告がある場合 ○:潜水士による触診の支援が可能な機能を有し今回の検証で点検結果の報告がある場合 △:潜水士による触診の代替または支援が可能な機能を有するが、今回の検証で未検証の場合 ×:潜水士による触診の代替または支援が可能な機能がない場合
期待項目⑯	検証項目	放流管のスクリーンの塵芥付着状況が確認できる。また、付着した塵芥を除去できる。
	判定基準	※今回の応募技術はすべて画像により塵芥付着状況が確認できるが除去はできないため、△と判定した
期待項目⑰	検証項目	ゲート設備等の鋼材部の板厚測定が可能。また、測定にあたり、塗膜除去及び補修上塗り(錆落とし、ケレン等)ができる。
	判定基準	◎:板厚測定機能を有し、塗膜除去及び補修上塗りが可能で、今回の検証で測定結果の報告がある場合 ○:板厚測定機能を有し、今回の検証で測定結果の報告がある場合 △:板厚測定機能を有しているが、今回の検証で測定結果の報告がない場合 ×:板厚測定機能がない場合

2) 河川（河床）

項目	検証項目と判定基準	
基本要件①	検証項目	濁水中でも、画像、照明技術、レーザー、音響等を使用して状態把握が可能。
	判定基準	◎：音響、電磁波、レーザー等により面的な状態把握が可能な場合 ○：状態把握が可能な点検結果が提出されている場合 △：点検結果が提出されているが、状態把握が困難な場合 ×：提出不可の場合
基本要件②	検証項目	従来の方法（潜水士による点検等）に比べ、費用対効果の面で優位となる。
	判定基準	◎：従来点検に比べて費用が50%以下になる場合 ○：従来点検に比べて費用が同等の場合 △：従来点検に比べて費用が2倍以上になる場合
基本要件③	検証項目	濁度、水流、流木の存在等の現場条件は、現場検証場所での検証時期のものを想定。
	判定基準	※今回の応募技術はすべて現場条件において検証を実施したため、○と判定した
基本要件④	検証項目	対象とする技術・システムは、水中の点検対象物に近接する方法だけでなく、水面付近や水際の陸上部等からの計測による方法も含む。
	判定基準	※今回の応募技術はすべていずれかの方法に該当するため、○と判定した
基本要件⑤	検証項目	技術・システム自体の機能または点検対象物等の目印を用いて対象の位置を把握する精度は、河床では概ね1メートル以内、河川護岸では概ね10センチメートル以内。
	判定基準	◎：位置把握精度が概ね1m以内の場合 ○：位置把握精度が概ね1～2m以内の場合 △：位置把握精度が概ね2～5m以内の場合 ×：位置把握精度が概ね5m以上の場合
基本要件⑥	検証項目	風水害等に伴う増水や濁水のない平常時の状態（とくに流速）に対応できる。
	判定基準	※今回の現場条件は河川の平常時の状態と判断されるので、応募技術はすべて○と判定した
期待項目⑦	検証項目	水深20m以上の点検対象物まで対応可能。
	判定基準	◎：妙見堰上流側では20mの水深はないが、鉛直方向でなくとも20m以上の距離で点検対象物の状況が把握できた場合 ○：今回の現場では検証していないが、実績の報告がある場合 △：性能上は可能であるが、今回の現場でも検証しておらず、実績の報告もない場合 ×：性能上も困難な場合
期待項目⑧	検証項目	点検データを継続的に保管し、履歴管理を行い、経年変化が比較できる。
	判定基準	○：位置情報や撮影日時等を有する画像や段彩図等が提出されている場合 ×：位置情報や撮影日時等を有する画像や段彩図等が提出されていない場合 ※今回は、記載内容の詳細までは審査の対象としていないため、◎△の判定はなし
期待項目⑨	検証項目	点検に際し、自動航行または自律制御が可能。
	判定基準	○：自動航行または自律制御の機能を有する場合 ×：自動航行または自律制御の機能がない場合 ※今回は、性能の詳細な比較ができないため◎△の判定はなし
期待項目⑩	検証項目	現場への搬入、設置及び撤去が容易。
	判定基準	◎：簡単な器具を用いて人力のみで、搬入・設置が60分以内、撤去が60分以内で行うことが可能な場合 ○：簡単な器具を用いて人力のみ、またはクレーン付きトラック等で可能な場合 △：大掛かりな設備やホイールクレーン等の大型機械が必要な場合
期待項目⑪	検証項目	他の多くの現場において効果を発揮できる。（汎用性）
	判定基準	◎：流速が1.0m/s以上の河川においても適用可能と判断される場合 ○：流速が0.5～1.0m/s程度の河川で適用可能と判断される場合 △：流速が0.5m/s以下の河川で適用可能と判断される場合

項目	内 容	
期待項目⑬	検証項目	点検の障害物(流木、砂礫、ゴミ等)の回避あるいは除去が可能。
	判定基準	◎:点検の障害物の回避および除去の両方が可能な場合 ○:点検の障害物の回避あるいは除去のどちらかが可能な場合 △:点検の障害物の回避あるいは除去のどちらかが可能であるが、改良や対策をすべき課題のある場合 ×:点検の障害物の回避および除去の両方とも困難な場合
期待項目⑭	検証項目	洗掘の広さ及び深さが確認でき、その全体状況を分かりやすく表示できる。
	判定基準	◎:河床全体の状況が面的に表示され、段彩図等により高低差も分かりやすく示されている場合 ○:面的に表示されている場合 △:面的な表示がない場合
期待項目⑮	検証項目	洪水中や洪水直後などのより速い流れや濁水環境においても点検できる。
	判定基準	○:平常時より流速の高い状態あるいは高濁度環境下においても点検が可能な場合 △:流速および濁度が平常時より高い状態では点検が困難な場合
期待項目⑯	検証項目	洗掘の全体状況の把握のため、視覚的に分かりやすく表示できる。
	判定基準	◎:河床全体の状況が面的に表示され、段彩図等により分かりやすく示されている場合 ○:面的に表示されている場合 △:面的な表示がない場合

3) 河川（護岸）

項目	検証項目と判定基準	
基本要件①	検証項目	濁水中でも、画像、照明技術、レーザー、音響等を使用して状態把握が可能。
	判定基準	◎：画像鮮明化技術により鮮明に状態把握が可能な場合、または音響、電磁波等により面的な状態把握が可能な場合 ○：状態把握が可能な点検結果が提出されている場合 △：点検結果が提出されているが、状態把握が困難な場合 ×：提出不可の場合
基本要件②	検証項目	従来の方法（潜水士による点検等）に比べ、費用対効果の面で優位となる。
	判定基準	◎：従来点検に比べて費用が50%以下になる場合 ○：従来点検に比べて費用が同等の場合 △：従来点検に比べて費用が2倍以上になる場合
基本要件③	検証項目	濁度、水流、流木の存在等の現場条件は、現場検証場所での検証時期のものを想定。
	判定基準	※今回の応募技術はすべて現場条件において検証を実施したため、○と判定した
基本要件④	検証項目	対象とする技術・システムは、水中の点検対象物に近接する方法だけでなく、水面付近や水際の陸上部等からの計測による方法も含む。
	判定基準	※今回の応募技術はすべていずれかの方法に該当するため、○と判定した
基本要件⑤	検証項目	技術・システム自体の機能または点検対象物等の目印を用いて対象の位置を把握する精度は、河床では概ね1メートル以内、河川護岸では概ね10センチメートル以内。
	判定基準	◎：位置把握精度が概ね10cm以内の場合 ○：位置把握精度が概ね10～50cm以内の場合 △：位置把握精度が概ね50cm～1mの場合 ×：位置の把握ができない場合
基本要件⑥	検証項目	風水害等に伴う増水や濁水のない平常時の状態（とくに流速）に対応できる。
	判定基準	※今回の現場条件は河川の平常時の状態と判断されるので、応募技術はすべて○と判定した
期待項目⑦	検証項目	水深20m以上の点検対象物まで対応可能。
	判定基準	◎：妙見堰上流側では20mの水深はないが、鉛直方向でなくとも20m以上の距離で点検対象物の状況が把握できた場合 ○：今回の現場では検証していないが、実績の報告がある場合 △：性能上は可能であるが、今回の現場でも検証しておらず、実績の報告もない場合 ×：性能上も困難な場合
期待項目⑧	検証項目	点検データを継続的に保管し、履歴管理を行い、経年変化が比較できる。
	判定基準	○：位置情報や撮影日時等を有する画像や写真等をつなぎ合わせた画像等が提出されている場合 ×：位置情報や撮影日時等を有する画像や写真等をつなぎ合わせた画像等が提出されていない場合 ※今回は、記載内容の詳細までは審査の対象としていないため、◎△の判定はなし
期待項目⑨	検証項目	点検に際し、自動航行または自律制御が可能。
	判定基準	○：自動航行または自律制御の機能を有する場合 ×：自動航行または自律制御の機能がない場合 ※今回は、性能の詳細な比較ができないため◎△の判定はなし
期待項目⑩	検証項目	現場への搬入、設置及び撤去が容易。
	判定基準	◎：簡単な器具を用いて人力のみで、搬入・設置が60分以内、撤去が60分以内で行うことが可能な場合 ○：簡単な器具を用いて人力のみ、またはクレーン付きトラック等で可能な場合 △：大掛かりな設備やホイールクレーン等の大型機械が必要な場合

項目	内 容	
期待項目⑪	検証項目	他の多くの現場において効果を発揮できる。(汎用性)
	判定基準	◎:流速が1.0m/s以上の河川においても適用可能と判断される場合 ○:流速が0.5～1.0m/s程度の河川で適用可能と判断される場合 △:流速が0.5m/s以下の河川で適用可能と判断される場合
期待項目⑫	検証項目	点検箇所の清掃ができる。ただし、清掃対象物の塗装に損傷を与えない。
	判定基準	○:清掃機能を有する場合 △:清掃機能を有するが改良や対策をすべき課題のある場合 ×:清掃機能がない場合 ※今回は、性能の詳細な比較ができないため◎の判定はなし
期待項目⑬	検証項目	点検の障害物(流木、砂礫、ゴミ等)の回避あるいは除去が可能。
	判定基準	◎:点検の障害物の回避および除去の両方が可能な場合 ○:点検の障害物の回避あるいは除去のどちらかが可能な場合 △:点検の障害物の回避あるいは除去のどちらかが可能であるが、改良や対策をすべき課題のある場合 ×:点検の障害物の回避および除去の両方とも困難な場合
期待項目⑭	検証項目	コンクリート構造物表面の劣化状況等が面的に確認できる。
	判定基準	○:写真等をつなぎ合わせた画像やクラックマップの作成が可能な場合 ×:写真等をつなぎ合わせた画像やクラックマップの作成が困難な場合
期待項目⑮	検証項目	クラック等を確認した場合、その幅、長さ、漏水の有無について簡易測定が可能。
	判定基準	◎:クラック等の幅、長さおよび漏水の有無について簡易測定が可能な場合 ○:クラック等の幅、長さについては簡易測定が可能な場合 △:クラック等の幅、長さ、漏水の有無のいずれについても簡易測定が困難な場合
期待項目⑰	検証項目	洪水中や洪水直後などのより速い流れや濁水環境においても点検できる。
	判定基準	○:平常時より流速の高い状態あるいは高濁度環境下においても点検が可能な場合 △:流速および濁度が平常時より高い状態では点検が困難な場合

5-3 評価結果（個別）

目 次

No.	技 術 名 称	頁
[ダム]		
3	吊り下げ式水中ビデオカメラ及び小型ROVによる水中維持管理システム 株式会社 SeaChallenge	27-28
4	画像鮮明化技術を用いたダム維持管理ロボットシステム パナソニック株式会社	29-30
5	遠隔操作無人探査機による水中構造物診断システム 五洋建設株式会社	31-32
6	マルチビームソナーと水中 3D スキャナー搭載 ROV による維持管理点検技術 いであ株式会社	33-34
7	小型フレーム構造ROVを用いた水中維持管理技術 ニッスイマリン工業株式会社	35-36
8	アクアジャスターによる姿勢制御した水中構造物の健全性評価 株式会社大林組	37-38
9	テザー伸展操舵型の遠隔操作水中ロボットの開発 株式会社建設技術研究所	39-40
10	水中点検ロボットシステム アーク・ジオ・サポート	41-42
11	可変構成型水中調査用ロボット技術 株式会社キュー・アイ	43-44
[河川]		
1	3Dレーザースキャナーと水中3Dスキャナーによる維持管理点検技術 いであ株式会社	45-46
2	自動航行ロボットを用いた河床の洗掘把握と河川護岸の概査システム 朝日航洋株式会社	47-50
12	河川点検ロボットシステム 株式会社アーク・ジオ・サポート	51-54
13	自動航行水上電磁波レーダー探査システム みらい建設工業株式会社	55-57

次世代社会インフラ用ロボット開発・導入促進事業

現場検証 評価結果	実用検証
-----------	------

次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会 水中維持管理部会

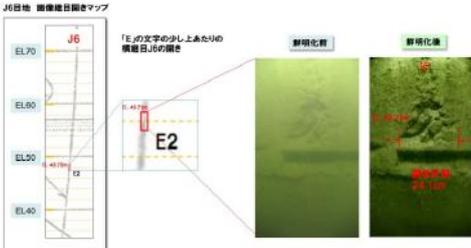
○技術名称	吊り下げ式水中ビデオカメラ及び小型ROVによる水中維持管理システム		
○応募者	株式会社SeaChallenge		
○共同開発者	株式会社東京マリンサービス、日本潜水機株式会社、VVLA I		
○技術概要	<p>高解像度カメラを搭載した吊り下げ式カメラとROVの組合せにより点検を行う。堤体近傍に固定した操作船を用い、吊り下げ式カメラ(クリアサイト付)で広範囲の概査を行い、吊り下げ式水中カメラで対応不可の場合(壁面のオーバーハングや突起物箇所等)に補助的にROVを使用する。</p> <p>機材は、準備から撤収まで人力で運用できる。ゴムボート及び組み立て式フロートを使用し、環境に配慮し極力電化している。位置情報として、RTK-GNSSを使用し、電波状況に応じ、追尾式トータルステーションで補完する。</p>		<p>(外観・イメージ)</p>  <p>【吊り下げ式カメラ】</p> <p>【ROV】</p>
○対象分野	水中維持管理 ダム		
○技術構成	移動機構	吊り下げ式水中ビデオカメラ ROV	ウインチ吊り下げ式、最大潜航深度100m 制御技術:なし 最大潜航深度150m、最大速度1.5m/s 制御技術:なし
	センサー	音響センサー 光学カメラ	— 吊り下げ式:クリアサイト付HDカメラ、207万画素 ROV:HDカメラ、130万画素
	データ処理	3Dデータ、画像の加工	—
	その他	マニピュレータ等 測位技術	ROV:3爪型回転式 RTK-GNSS、深度センサ
○問合せ先	株式会社SeaChallenge 潜水部 代表取締役 永井康洋 Tel: 045-744-9481 E-Mail: sch-sensui@sea-challenge.com URL: http://seachallenge.flips.jp		
●検証項目	[1] (詳細内容は、本書p.2に記載)		
●検証場所	天ヶ瀬ダム(京都府宇治市)、弥栄ダム(広島県大竹市)		
●検証内容	<p>①水中部堤体コンクリート表面の状態把握(概査・精査) 吊り下げ式カメラにより水中部の堤体コンクリートの変状と横継目の開き具合の調査を実施し、潜水士の負担軽減と高濁度下、40m以深での潜水作業における安全性の向上と費用削減について検証した(概査)。 ROVにより概査にて変状が認められた特定箇所を想定し、模擬板にて潜水士と同等の精度の調査を行い、潜水士による近接目視の代替について検証した(精査)。</p> <p>②ゲート設備の状態把握(概査・精査) 吊り下げ式カメラ及びROVによりゲート設備の腐食、損傷、変状調査を実施し、潜水士の負担軽減と高濁度下、40m以深での潜水作業における安全性の向上と費用削減について検証を計画したが、機材トラブルにより実施できなかった(概査)。 ROVによりゲート設備の潜水士による近接目視の代替(ゲート設備のボルトの緩みチェック、板厚測定、清掃)について検証を計画したが、機材トラブルにより実施できなかった(精査)。</p> <p>【検証実施日】 (天ヶ瀬ダム)平成27年11月18日(点検作業)ROV 11月24日(委員検証) " (弥栄ダム)平成27年12月1日(点検作業)吊り下げ式</p>		<p style="text-align: center;">現場検証状況</p>   <p>【取得データ例】クリアサイト付吊り下げ式カメラ撮影画像</p>

○技術名称	吊り下げ式水中ビデオカメラ及び小型ROVによる水中維持管理システム		
●評価結果			
検証項目	[1]ダムにおいて、ゲート設備の「腐食、損傷、変形」、堤体等のコンクリート構造物の「損傷等」及び洪水吐き水叩き部の「洗掘等」について 潜水土による近接目視の代替(精査)または支援(概査) ができる技術・システム		
総合評価	<p>検証課題のうち、水中部堤体コンクリート表面の状態把握(ダム堤体コンクリートの横継目(概査)及び模擬板(精査)の撮影)の調査を実施し、点検情報を取得できた。要改良事項はあるが、一定の点検支援効果が確認されたため、要改良事項が解決されれば活用が期待できる。</p> <p>【検証結果】 (共通事項) ○「吊り下げ式カメラ」と「ROV」の組合せにより、点検情報の収集が可能であることが確認された。 ○潜水土による調査に比べ、費用面で優位になる可能性が確認された(40m以深における効果が高い)。 ○使用機材が多く、台船への積込みに時間を要した。 (吊り下げ式カメラに関して) ○画像鮮明化技術を有し、精細な画像の取得と目地の開きの計測ができることが確認された。 ○機材トラブルにより、位置情報の取得ができなかった。 ○吊り下げ方式の特性上、水平継目を水平方向へ移動しながら点検することが困難である。 (ROVに関して) ○降雨に伴う機材トラブルにより、模擬板の調査(精査)しか実施できなかったが、精細な画像の取得と変状の概略寸法の計測ができることが確認された。 ○ROVの姿勢によって、目地の開き幅などの計測精度が低下する(計測時には点検対象に正対することが望ましい)。</p>		
要改良事項が解決されれば活用が期待できる。			—
改良が必要な事項	<p>【位置把握精度の向上】 ・点検作業において確認した変状や損傷等の位置把握精度の向上</p>		
期待される活用場面	<p>・ダム用ゲート設備の「腐食、損傷、変形」、ダム堤体等のコンクリート構造物の「損傷等」について、潜水土による近接目視の代替(精査)または支援(概査)における活用が期待される。なお、「損傷等」の発生状況について、位置把握精度が向上すれば、映像や概略寸法と合わせ再現性のある点検記録の作成が可能となる。</p> <p>・クリアサイト機能により濁度が高いところでの調査が可能であるため、潜水土による調査と比べ安全性向上効果や、水深に関わらず費用低減が期待される。</p>		
留意事項	<p>・吊り下げ式カメラは、鉛直方向への自重降下式であるため、突起部等の障害物がない部位のみに適用可能(アーチ式コンクリートダム等では横継目に沿って点検するための操作が難しく技量が必要)</p> <p>・移動用ポートに加えて作業用台船が必要</p> <p>・水中でケーブルが絡まらないよう、十分に注意が必要。</p>		
期待される改良・開発事項	<p>【点検の効率化】 ・堤体コンクリートの目地の開きや表面劣化状況等の面的な確認のための複合画像やクラックマップ等を作成する機能 ・準備、撤去を含む点検作業の効率化 【ロボットの機能向上】 ・水平方向の点検作業時に水平方向の移動機構(吊り下げ式カメラ) ・堤体のクラックまたは継目からの漏水箇所の有無の確認を可能とする機能(吊り下げ式カメラ) ・点検対象に正対する機能の実現による点検作業の効率化と操作性の向上(ROV) 【計測機器の信頼性向上】 ・降雨時の防水対策等による計測機器の信頼性の向上</p>		
参考: 今回の現場検証における応募要件・項目についての判定結果(今回の検証現場の諸条件下での結果)			
検証項目		判定	備考
基本要件①	濁水中でも、画像、照明技術、レーザー、音響等を使用して状態把握が可能。	◎	吊り下げ式カメラ
基本要件②	従来の方法(潜水土による点検等)に比べ、費用対効果の面で優位となる。	◎	吊り下げ式カメラ+ROV 1000m ² 当り
基本要件③	技術・システム自体の機能または点検対象物等の目印を用いて対象の位置を把握する精度は、ゲート設備や堤体等のコンクリート部では概ね10cm以内、洪水吐き水叩き部では概ね1m以内。	○	ROV
基本要件④	濁度、水流、流木の存在等の現場条件は、現場検証場所での検証時期のものを想定。	○	
期待項目⑤	水深40m以上の点検対象物まで対応可能。(80m以上潜航できる技術はより高く評価)	○	水深38.5m (吊り下げ式カメラ)
期待項目⑥	点検データを継続的に保管し、履歴管理を行い、経年変化が比較できる。	○	
期待項目⑧	現場への搬入、設置及び撤去が容易。	○	人力で可
期待項目⑪	点検の障害物(流木、砂礫、ゴミ等)の回避あるいは除去が可能。	○	ROV
期待項目⑫	コンクリート構造物表面の劣化状況等が面的に確認できる。	○	吊り下げ式カメラ
期待項目⑬	クラック等を確認した場合、その幅、長さ、漏水の有無について簡易測定が可能。	◎	吊り下げ式カメラ

次世代社会インフラ用ロボット開発・導入促進事業

現場検証 評価結果	実用検証
------------------	-------------

次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会 水中維持管理部会

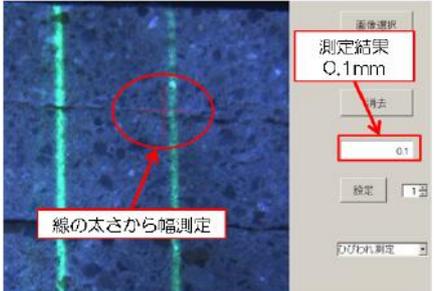
○技術名称	画像鮮明化技術を用いたダム維持管理ロボットシステム																		
○応募者	パナソニック株式会社																		
○共同開発者																			
○技術概要	<p>高解像度カメラを搭載したROVで、堤体との離隔及び水深を保持する自律制御機能を有している。また、画像鮮明化技術により鮮明化した画像情報から変状や損傷等を自動抽出し、位置情報により2次元マップ化することで、経年変化の管理が可能である。堤体との離隔と水深を一定に保つ自律制御により操縦をアシストし、安定姿勢で高精細画像の撮影を行い、かつ水深200mまで航行できる。</p>	(外観・イメージ)																	
○対象分野	水中維持管理 ダム																		
○技術構成	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width:20%;">移動機構</td> <td style="width:20%;">ROV</td> <td style="width:60%;">最大潜航深度200m、最大速力0.3m/s 制御技術：水深・堤体との離隔・姿勢・速度保持</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">情報取得機器</td> <td>音響センサ等</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>光学カメラ</td> <td>4Kカメラ、1276万画素</td> </tr> <tr> <td>データ処理</td> <td>3Dデータ、画像の加工</td> <td>画像鮮明化処理、損傷自動抽出、クラックマップ、モザイク図</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">その他</td> <td>マニピュレータ等</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>測位技術</td> <td>深度センサ、6軸センサ、超音波ソナー(壁面距離、壁面角度)</td> </tr> </table>	移動機構	ROV	最大潜航深度200m、最大速力0.3m/s 制御技術：水深・堤体との離隔・姿勢・速度保持	情報取得機器	音響センサ等	—	光学カメラ	4Kカメラ、1276万画素	データ処理	3Dデータ、画像の加工	画像鮮明化処理、損傷自動抽出、クラックマップ、モザイク図	その他	マニピュレータ等	—	測位技術	深度センサ、6軸センサ、超音波ソナー(壁面距離、壁面角度)		
移動機構	ROV	最大潜航深度200m、最大速力0.3m/s 制御技術：水深・堤体との離隔・姿勢・速度保持																	
情報取得機器	音響センサ等	—																	
	光学カメラ	4Kカメラ、1276万画素																	
データ処理	3Dデータ、画像の加工	画像鮮明化処理、損傷自動抽出、クラックマップ、モザイク図																	
その他	マニピュレータ等	—																	
	測位技術	深度センサ、6軸センサ、超音波ソナー(壁面距離、壁面角度)																	
○問合せ先	パナソニック株式会社 AVCネットワークス社 事業開発センター 安藤達泰 Tel: 06-6905-4162 E-Mail: ando.tatsuyasu@jp.panasonic.com URL: http://panasonic.jp																		
●検証項目	[1] (詳細内容は、本書p.21に記載)																		
●検証場所	天ヶ瀬ダム(京都府宇治市)、弥栄ダム(広島県大竹市)																		
●検証内容	<p>①水中部堤体コンクリート表面の状態把握(概査・精査) 水中部の堤体コンクリートの変状と横継目、水平継目の開き具合の調査を実施し、潜水士の負担軽減と高濁度下、40m以深での潜水作業における安全性の向上と費用削減について検証した(概査)。 概査にて変状が認められた特定箇所を想定し模擬板にて潜水士と同等の精度の調査を行い、潜水士による近接目視の代替について検証した(精査)。</p> <p>②ゲート設備の状態把握(概査・精査) ゲート設備の腐食、損傷、変状調査による潜水士の負担軽減と高濁度下、40m以深での潜水作業における安全性の向上と費用削減について検証した(概査)。 ゲート設備の潜水士による近接目視の代替(ゲート設備のボルトの緩みチェック、選択取水塔スクリーン下部とコンクリート躯体の境界付近の撮影)について検証した(精査)。</p> <p>【検証実施日】 (天ヶ瀬ダム) 平成27年11月 5日(点検作業) 11月24日(委員検証) (弥栄ダム) 平成27年12月 8日(点検作業)</p>																		
			現場検証状況																
			【取得データ例】横継目撮影画像																

○技術名称	画像鮮明化技術を用いたダム維持管理ロボットシステム		
●評価結果			
検証項目	[1]ダムにおいて、ゲート設備の「腐食、損傷、変形」、堤体等のコンクリート構造物の「損傷等」及び洪水吐き水叩き部の「洗掘等」について 潜水土による近接目視の代替(精査)または支援(概査) ができる技術・システム		
総合評価	<p>全ての検証課題(水中部堤体コンクリート表面の状態把握(概査・精査)、ゲート設備の状態把握(概査・精査))を実施し、点検情報を取得できた。一定の点検支援効果が確認されたため、「試行的導入」を推薦する。</p> <p>【検証結果】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○画像鮮明化技術により鮮明化した画像から変状や損傷等を自動抽出し、位置情報により2次元マップ化できることが確認された。 ○潜水土による調査に比べ、費用面で優位になる可能性が確認された(40m以深における効果が高い)。 ○ボルトやナットの緩みの画像による判断情報の取得ができることが確認された。 ○画像から変状を自動抽出し目地の開き幅を計測する際、画像の陰影等により真の開き幅に対して誤差が発生する可能性がある。 		
「試行的導入」を推薦する。			★★★
期待される活用場面	<ul style="list-style-type: none"> ・安全性向上と費用低減が期待される潜水作業(①水深40m以深、②高濁度下)での活用 ・ゲート設備や堤体等のコンクリート構造物を対象に、近接目視の代替(精査)または支援(概査)(点検箇所の清掃、ボルトやナットの緩み等の触診、板厚測定は対象外) ・変状等発生状況やその位置把握、その概略寸法の計測、および再現性のある点検記録の作成 		
留意事項	<ul style="list-style-type: none"> ・点検中のリアルタイムでのクラック、変状等の寸法計測は不可 ・水中ケーブルが構造物等に絡まらないよう、移動経路や取り回しに注意が必要 		
期待される改良・開発事項	<p>【点検の効率化】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・リアルタイム画像処理技術の実現により、操作者が鮮明な画像を見ながら、点検と同時に変状や損傷等を確認できる機能 ・堤体のクラックまたは継目からの漏水を確認するための機能 <p>【計測精度の向上】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・堤体コンクリートの表面や継目の変状の開き幅や大きさの計測精度の向上 <p>【計測機器の信頼性向上】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・降雨時の防水対策等による計測機器の信頼性の向上 		
参考: 今回の現場検証における応募要件・項目についての判定結果(今回の検証現場の諸条件下での結果)			
検証項目		判定	備考
基本要件①	濁水中でも、画像、照明技術、レーザー、音響等を使用して状態把握が可能。	◎	
基本要件②	従来の方法(潜水土による点検等)に比べ、費用対効果の面で優位となる。	◎	40m以深 1000m ² 当り
基本要件③	技術・システム自体の機能または点検対象物等の目印を用いて対象の位置を把握する精度は、ゲート設備や堤体等のコンクリート部では概ね10cm以内、洪水吐き水叩き部では概ね1m以内。	○	
基本要件④	濁度、水流、流木の存在等の現場条件は、現場検証場所での検証時期のものを想定。	○	
期待項目⑤	水深40m以上の点検対象物まで対応可能。(80m以上潜航できる技術はより高く評価)	◎	水深84m
期待項目⑥	点検データを継続的に保管し、履歴管理を行い、経年変化が比較できる。	○	
期待項目⑦	点検に際し、自動航行または自律制御が可能。	○	
期待項目⑧	現場への搬入、設置及び撤去が容易。	◎	人力で可
期待項目⑨	他の多くの現場において効果を発揮できる。(汎用性)	○	
期待項目⑩	点検の障害物(流木、砂礫、ゴミ等)の回避あるいは除去が可能。	○	
期待項目⑪	コンクリート構造物表面の劣化状況等が面的に確認できる。	○	
期待項目⑫	クラック等を確認した場合、その幅、長さ、漏水の有無について簡易測定が可能。	◎	画像処理後の計測
期待項目⑬	ボルトやナットの緩み、または、ガイドレールやワイヤーの腐食や損傷度合いについて、潜水土による触診の代替または支援が可能。	○	画像による情報取得

次世代社会インフラ用ロボット開発・導入促進事業

現場検証 評価結果	実用検証
------------------	-------------

次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会 水中維持管理部会

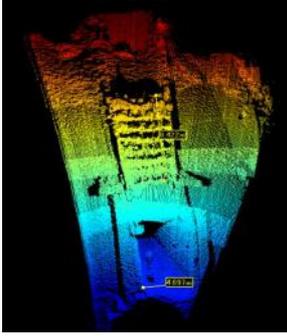
○技術名称	遠隔操作無人探査機による水中構造物診断システム																	
○応募者	五洋建設株式会社																	
○共同開発者																		
○技術概要	<p>高解像度カメラ及び音響カメラを搭載したROVで、水深・方位・位置を保持する自律制御を有し、伸縮ロッドで固定することで傾斜面等への位置保持が可能である。また、画像鮮明化技術により鮮明化した画像により複合画像の作成が可能である。また、点検箇所の清掃、肉厚計測、打音検査が可能である。</p> <p>水中構造物診断システムは大水深構造物の健全性調査(概査および精査)・診断を行うシステムで、使用するROVは水深150mまでの耐水圧性能を有する。</p>	(外観・イメージ) 																
○対象分野	水中維持管理 ダム																	
○技術構成	<table border="1"> <tr> <td>移動機構</td> <td>ROV</td> <td>最大潜航深度150m、最大速力0.3m/s 制御技術: 水深・方位・位置保持</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">情報取得機器</td> <td>音響センサ等</td> <td>音響カメラ</td> </tr> <tr> <td>光学カメラ</td> <td>CCDカメラ、120万画素</td> </tr> <tr> <td>データ処理</td> <td>3Dデータ、画像の加工</td> <td>クラックマップ、モザイク図</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">その他</td> <td>マニピュレータ等</td> <td>ケレン装置、肉厚計、打音検査装置</td> </tr> <tr> <td>測位技術</td> <td>RTK-GNSS、深度センサ、方位センサ、姿勢センサ、全方位ソナー、水中測位装置</td> </tr> </table>	移動機構	ROV	最大潜航深度150m、最大速力0.3m/s 制御技術: 水深・方位・位置保持	情報取得機器	音響センサ等	音響カメラ	光学カメラ	CCDカメラ、120万画素	データ処理	3Dデータ、画像の加工	クラックマップ、モザイク図	その他	マニピュレータ等	ケレン装置、肉厚計、打音検査装置	測位技術	RTK-GNSS、深度センサ、方位センサ、姿勢センサ、全方位ソナー、水中測位装置	
移動機構	ROV	最大潜航深度150m、最大速力0.3m/s 制御技術: 水深・方位・位置保持																
情報取得機器	音響センサ等	音響カメラ																
	光学カメラ	CCDカメラ、120万画素																
データ処理	3Dデータ、画像の加工	クラックマップ、モザイク図																
その他	マニピュレータ等	ケレン装置、肉厚計、打音検査装置																
	測位技術	RTK-GNSS、深度センサ、方位センサ、姿勢センサ、全方位ソナー、水中測位装置																
○問合せ先	五洋建設株式会社 技術研究所 Tel: 0287-39-2100																	
●検証項目	[1] (詳細内容は、本書p.2に記載)																	
●検証場所	天ヶ瀬ダム(京都府宇治市)																	
●検証内容	<p>①水中部堤体コンクリート表面の状態把握(概査・精査) 水中部の堤体コンクリートの変状と水平継目の開き具合の調査を実施し、潜水士の負担軽減と高濁度下、40m以深での潜水作業における安全性の向上と費用削減について検証した(概査)。 概査にて変状が認められた特定箇所を想定し模擬板にて潜水士と同等の精度の調査を行い、潜水士による近接目視の代替について検証した(精査)。</p> <p>②ゲート設備の状態把握(概査・精査) ゲート設備の腐食、損傷、変状調査による潜水士の負担軽減と高濁度下、40m以深での潜水作業における安全性の向上と費用削減について検証した(概査)。 ゲート設備の潜水士による近接目視の代替(ゲート設備のボルトの緩みチェック、板厚測定、清掃)について検証した(精査)。</p> <p>【検証実施日】 平成27年11月10日(点検作業) 11月24日(委員検証)</p>	<p>現場検証状況</p>  <p>【取得データ例】模擬板のクラック幅</p>																

○技術名称	遠隔操作無人探査機による水中構造物診断システム		
●評価結果			
検証項目	[1]ダムにおいて、ゲート設備の「腐食、損傷、変形」、堤体等のコンクリート構造物の「損傷等」及び洪水吐き水叩き部の「洗掘等」について潜水士による近接目視の代替(精査)または支援(概査)ができる技術・システム		
総合評価	<p>全ての検証課題(水中部堤体コンクリート表面の状態把握(概査・精査)、ゲート設備の状態把握(概査・精査))を実施し、点検情報を取得できた。一定の点検支援効果が確認されたため、「試行的導入」を推薦する。</p> <p>【検証結果】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○画像鮮明化技術により鮮明化した画像から複合画像の作成が可能であることが確認された。 ○模擬板の調査(精査)により変状の概略寸法の計測ができることが確認された。 ○潜水士による調査に比べ、費用面で概ね同等となることが確認された(40m以深における効果が高い)。 ○点検箇所(清掃、ボルトやナットの緩みの触診、肉厚計測)ができることが確認された。 ○ROVの姿勢によって、目地の開き幅などの計測精度が低下する(計測時には点検対象に正対することが望ましい)。 		
「試行的導入」を推薦する。			★★
期待される活用場面	<ul style="list-style-type: none"> ・安全性向上と費用低減が期待される潜水作業(①水深40m以深、②高濁度下)での活用 ・ゲート設備や堤体等のコンクリート構造物を対象に、近接目視の代替(精査)または支援(概査) ・変状等発生状況やその位置把握、その概略寸法の計測、および再現性のある点検記録の作成 		
留意事項	<ul style="list-style-type: none"> ・現場条件によってはROVをダム湖に投入するための大型クレーンが必要 ・地上操作室へのケーブルの取り回しが必要 ・水中ケーブルが構造物等に絡まらないよう、移動経路や取り回しに注意が必要 		
期待される改良・開発事項	<p>【点検の効率化】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・堤体のクラックまたは継目からの漏水を確認するための機能 ・点検対象に自動的に正対する機能の実現による点検作業の効率化と操作性の向上 ・(コスト面から)点検時のROV運用に必要な人員の省人化 		
参考: 今回の現場検証における応募要件・項目についての判定結果(今回の検証現場の諸条件下での結果)			
検証項目		判定	備考
基本要件①	濁水中でも、画像、照明技術、レーザー、音響等を使用して状態把握が可能。	◎	
基本要件②	従来の方法(潜水士による点検等)に比べ、費用対効果の面で優位となる。	○	40m以深 1000m ² 当り
基本要件③	技術・システム自体の機能または点検対象物等の目印を用いて対象の位置を把握する精度は、ゲート設備や堤体等のコンクリート部では概ね10cm以内、洪水吐き水叩き部では概ね1m以内。	○	
基本要件④	濁度、水流、流木の存在等の現場条件は、現場検証場所での検証時期のものを想定。	○	
期待項目⑤	水深40m以上の点検対象物まで対応可能。(80m以上潜航できる技術はより高く評価)	◎	水深127m (実績)
期待項目⑥	点検データを継続的に保管し、履歴管理を行い、経年変化が比較できる。	○	
期待項目⑦	点検に際し、自動航行または自律制御が可能。	○	
期待項目⑨	他の多くの現場において効果を発揮できる。(汎用性)	◎	
期待項目⑩	点検箇所の清掃ができる。ただし、清掃対象物の塗装に損傷を与えない。	○	
期待項目⑪	点検の障害物(流木、砂礫、ゴミ等)の回避あるいは除去が可能。	○	
期待項目⑫	コンクリート構造物表面の劣化状況等が面的に確認できる。	○	
期待項目⑬	クラック等を確認した場合、その幅、長さ、漏水の有無について簡易測定が可能。	◎	
期待項目⑮	ボルトやナットの緩み、または、ガイドレールやワイヤーの腐食や損傷度合いについて、潜水士による触診の代替または支援が可能。	◎	清掃用ブラシ による触診
期待項目⑰	ゲート設備等の鋼材部の板厚測定が可能。また、測定にあたり、塗膜除去及び補修上塗り(錆落とし、ケレン等)ができる。	○	

次世代社会インフラ用ロボット開発・導入促進事業

現場検証 評価結果	実用検証
------------------	-------------

次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会 水中維持管理部会

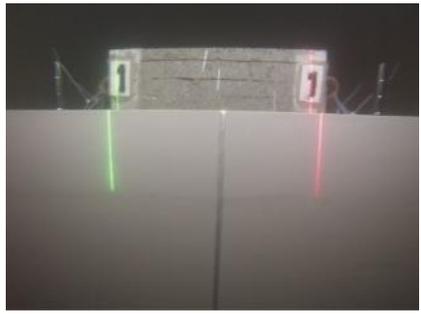
○技術名称	マルチビームソナーと水中3Dスキャナー搭載ROVによる維持管理点検技術																	
○応募者	いであ株式会社																	
○共同開発者																		
○技術概要	<p>概査用の水中3Dスキャナー(以下:BV5000)、精査用の高解像度カメラ及びデジタル一眼レフカメラを搭載したROVで、水深・方位を保持する自律制御を有し、3D測量図及び3Dフォトマッピングの作成が可能である。</p> <p>BV5000による水中構造物の詳細測量結果と船上からのマルチビームによる測量結果をソフト上で重ね合わせ、BV5000の詳細測量値(極座標)をXYZ座標に変換することにより、点検対象物の損傷状況を効率よく概査する。さらに、損傷が疑われる部分においてROV搭載の高解像度カメラ及びデジタル一眼レフカメラにより近接撮影し、損傷の状況を精査する。</p> <p>ROVの誘導は、高精度のUSBL(音響による距離・方位角測定装置)による。</p>	<p>(外観・イメージ)</p> 																
○対象分野	水中維持管理 ダム																	
○技術構成	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 20%;">移動機構</td> <td style="width: 30%;">ROV</td> <td style="width: 50%;">最大潜航深度300m、最大速力1.5m/s 制御技術:水深・方位保持</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">情報取得機器</td> <td>音響センサ等</td> <td>水中3Dスキャナー、全周囲2Dソナー</td> </tr> <tr> <td>光学カメラ</td> <td>HDカメラ、一眼レフカメラ</td> </tr> <tr> <td>データ処理</td> <td></td> <td>3Dフォトマッピング、3D測量図</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">その他</td> <td>マニピュレータ等</td> <td>1軸(先端部開閉のみ)</td> </tr> <tr> <td>測位技術</td> <td>D-GNSS、USBL、コンパス</td> </tr> </table>	移動機構	ROV	最大潜航深度300m、最大速力1.5m/s 制御技術:水深・方位保持	情報取得機器	音響センサ等	水中3Dスキャナー、全周囲2Dソナー	光学カメラ	HDカメラ、一眼レフカメラ	データ処理		3Dフォトマッピング、3D測量図	その他	マニピュレータ等	1軸(先端部開閉のみ)	測位技術	D-GNSS、USBL、コンパス	
移動機構	ROV	最大潜航深度300m、最大速力1.5m/s 制御技術:水深・方位保持																
情報取得機器	音響センサ等	水中3Dスキャナー、全周囲2Dソナー																
	光学カメラ	HDカメラ、一眼レフカメラ																
データ処理		3Dフォトマッピング、3D測量図																
その他	マニピュレータ等	1軸(先端部開閉のみ)																
	測位技術	D-GNSS、USBL、コンパス																
○問合せ先	いであ株式会社 国土環境研究所 環境調査部 技術開発室 Tel: 045-593-7602 E-Mail: ftarou@ideacon.co.jp URL: http://ideacon.jp																	
●検証項目	[1] (詳細内容は、本書p.2に記載)	 <p style="text-align: center;">現場検証状況</p>  <p style="text-align: center;">【取得データ例】BV5000による3D測量図</p>																
●検証場所	天ヶ瀬ダム(京都府宇治市)																	
●検証内容	<p>①水中部堤体コンクリート表面の状態把握(概査・精査) 水中部の堤体コンクリートの変状と横継目、水平継目の開き具合の調査を実施し、潜水士の負担軽減と高濁度下、40m以深での潜水作業における安全性の向上と費用削減について検証を実施した(概査)。 概査にて変状が認められた特定箇所を想定し模擬板にて潜水士と同等の精度の調査を行い、潜水士による近接目視の代替についての検証を計画したが、与えられた1日の中で実施できなかった(精査)。</p> <p>②ゲート設備の状態把握(概査・精査) ゲート設備の腐食、損傷、変状調査による潜水士の負担軽減と高濁度下、40m以深での潜水作業における安全性の向上と費用削減についての検証を計画したが、与えられた1日の中で実施できなかった(概査)。 ゲート設備の潜水士による近接目視の代替について、機能を有しないため検証を計画しなかった(精査)。</p> <p>【検証実施日】 平成27年11月17日(点検作業) 11月24日(委員検証)</p>																	

○技術名称	マルチビームソナーと水中3Dスキャナー搭載ROVによる維持管理点検技術		
●評価結果			
検証項目	[1]ダムにおいて、ゲート設備の「腐食、損傷、変形」、堤体等のコンクリート構造物の「損傷等」及び洪水吐き水叩き部の「洗掘等」について潜水士による近接目視の代替(精査)または支援(概査)ができる技術・システム		
総合評価	<p>検証課題のうち、水中部堤体コンクリート表面の状態把握(堤体コンクリート表面の撮影(概査))、及びBV5000による放流管呑口周辺の測定を実施し、点検情報を取得できた。模擬板及び堤体コンクリート表面や予備ゲート周辺の詳細な調査については、光学カメラを装備していたが、時間が足りず鮮明な画像の撮影が実施できなかった。要改良事項はあるが、一定の点検支援効果が確認されたため、要改良事項が解決されれば活用が期待できる。</p> <p>【検証結果】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○BV5000による3D測量図(放流管呑口周辺及び堆砂面)及び画像による3Dフォトマッピング(堤体コンクリート表面)の作成が可能であることが確認された。 ○潜水士による調査に比べ、費用面で優位になる可能性が確認された(40m以深における効果が高い)。 ○使用機材が多く、ボートへの積込みに時間を要した。 ○ROVの姿勢によって、目地の開き幅などの計測精度が低下する(計測時には点検対象に正対することが望ましい)。 		
要改良事項が解決されれば活用が期待できる。			—
改良が必要な事項	<p>【位置把握精度の向上】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・点検作業において確認した変状や損傷等の位置把握精度の向上 <p>【運用性の改善】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・機材の準備から撤収、点検対象への移動、不具合対応等を含めたシステム全体の作業効率を含む運用性の改善 		
期待される活用場面	<ul style="list-style-type: none"> ・安全性向上と費用低減が期待される潜水作業(①水深40m以深、②高濁度下)での活用 ・ゲート設備や堤体等のコンクリート構造物を対象に、近接目視の代替(精査)または支援(概査)(点検箇所の清掃、ボルトやナットの緩み等の点検、板厚測定は対象外) ・変状等発生状況やその位置把握、その概略寸法の計測、および再現性のある点検記録の作成 ・ダム湖法面の状況や堆砂状況の把握 		
留意事項	<ul style="list-style-type: none"> ・点検中のリアルタイムでのクラック、変状等の寸法計測は不可 ・BV5000の3D点群データの処理や3Dフォトマッピングには、専用のソフトウェアと比較的高性能なPCが必要 ・水中ケーブルが構造物等に絡まらないよう、移動経路や取り回しに注意が必要 		
期待される改良・開発事項	<p>【点検の効率化】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・リアルタイムで操作者が鮮明な画像を見ながら、点検と同時に変状や損傷等を確認できる機能 ・堤体コンクリートの目地の開きや表面劣化状況等の面的な確認のためのクラックマップ等を作成する機能 <p>【ロボットの機能向上】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・点検対象に自動的に正対する機能の実現による点検作業の効率化と操作性の向上 ・堤体のクラックまたは継目からの漏水を確認するための機能 <p>【計測機器の信頼性向上】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・降雨時の防水対策等による計測機器の信頼性の向上 		
参考: 今回の現場検証における応募要件・項目についての判定結果(今回の検証現場の諸条件下での結果)			
検証項目		判定	備考
基本要件①	濁水中でも、画像、照明技術、レーザー、音響等を使用して状態把握が可能。	○	
基本要件②	従来の方法(潜水士による点検等)に比べ、費用対効果の面で優位となる。	◎	40m以深 1000m ² 当り
基本要件③	技術・システム自体の機能または点検対象物等の目印を用いて対象の位置を把握する精度は、ゲート設備や堤体等のコンクリート部では概ね10cm以内、洪水吐き水叩き部では概ね1m以内。	△	性能上は 可能
基本要件④	濁度、水流、流木の存在等の現場条件は、現場検証場所での検証時期のものを想定。	○	
期待項目⑤	水深40m以上の点検対象物まで対応可能。(80m以上潜航できる技術はより高く評価)	○	水深200m の実績有り
期待項目⑥	点検データを継続的に保管し、履歴管理を行い、経年変化が比較できる。	○	
期待項目⑦	点検に際し、自動航行または自律制御が可能。	○	
期待項目⑧	現場への搬入、設置及び撤去が容易。	○	人力で可
期待項目⑨	他の多くの現場において効果を発揮できる。(汎用性)	◎	
期待項目⑩	点検の障害物(流木、砂礫、ゴミ等)の回避あるいは除去が可能。	○	除去不可
期待項目⑪	コンクリート構造物表面の劣化状況等が面的に確認できる。	○	光学カメラ

次世代社会インフラ用ロボット開発・導入促進事業

現場検証 評価結果	実用検証
------------------	-------------

次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会 水中維持管理部会

○技術名称	小型フレーム構造ROVを用いた水中維持管理技術																	
○応募者	ニッスイマリン工業株式会社																	
○共同開発者	長崎大学、日本文理大学、北九州市立大学																	
○技術概要	<p>高解像度カメラを搭載したROVで、水深・方位・点検対象との距離を保持する自律制御を有し、40m以浅における点検作業が可能である。</p> <p>当技術は、位置把握精度を潜水士によるものと同程度の精度に設定し、加えて、高解像度カメラ、LED照明、軽量躯体とスラスタ、GPS、水中測位機能等をROV本体に備えることによりシステム規模を小型軽量化し、夜間や冷水中でも、迅速、高頻度かつ容易に運用できるシステムを構築したものである。</p>	<p>(外観・イメージ)</p> 																
○対象分野	水中維持管理 ダム																	
○技術構成	<table border="1"> <tr> <td>移動機構</td> <td>ROV</td> <td>最大潜航深度50m、最大速力0.5m/s 制御技術：水深・方位・対象物との距離保持</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">情報取得機器</td> <td>音響センサー等</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>光学カメラ</td> <td>HDカメラ、200万画素</td> </tr> <tr> <td>データ処理</td> <td>3Dデータ、画像の加工</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">その他</td> <td>マニピュレータ等</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>測位技術</td> <td>浮体式水中測位装置、深度センサ、方位センサ、超音波測深器(距離センサ)</td> </tr> </table>	移動機構	ROV	最大潜航深度50m、最大速力0.5m/s 制御技術：水深・方位・対象物との距離保持	情報取得機器	音響センサー等	—	光学カメラ	HDカメラ、200万画素	データ処理	3Dデータ、画像の加工	—	その他	マニピュレータ等	—	測位技術	浮体式水中測位装置、深度センサ、方位センサ、超音波測深器(距離センサ)	
移動機構	ROV	最大潜航深度50m、最大速力0.5m/s 制御技術：水深・方位・対象物との距離保持																
情報取得機器	音響センサー等	—																
	光学カメラ	HDカメラ、200万画素																
データ処理	3Dデータ、画像の加工	—																
その他	マニピュレータ等	—																
	測位技術	浮体式水中測位装置、深度センサ、方位センサ、超音波測深器(距離センサ)																
○問合せ先	ニッスイマリン工業株式会社 長倉敏郎 Tel: 03-5733-7311 E-Mail: t-nagakura@nissui-marine.co.jp URL: http://www.nissui-marine.co.jp																	
●検証項目	[1] (詳細内容は、本書p.2に記載)																	
●検証場所	天ヶ瀬ダム(京都府宇治市)、弥栄ダム(広島県大竹市)																	
●検証内容	<p>①水中部堤体コンクリート表面の状態把握(概査・精査) 水中部の堤体コンクリート表面の調査は、設計上の課題から、潜水可能時間は最大1時間に留まるため検証を行えなかった(概査)。</p> <p>40m以浅での潜水士の負担軽減と高濁度下の潜水作業における安全性の向上と費用削減について検証するとともに、概査にて変状が認められた特定箇所を想定し模擬板にて潜水士と同等の精度の調査を行い、潜水士による近接目視の代替について検証した(精査)。</p> <p>②ゲート設備の状態把握(概査・精査) ゲート設備の戸当りの変状調査を計画したが、前述の設計上の課題から検証を行えなかった(概査)。</p> <p>ゲート設備の潜水士による近接目視の代替について、機能を有しないため検証を計画しなかった(精査)。</p> <p>【検証実施日】 (天ヶ瀬ダム)平成27年11月9日(点検作業) 11月24日(委員検証) (弥栄ダム)平成27年12月2日(点検作業)</p>	<p>現場検証状況</p>   <p>【取得データ例】模擬板撮影画像</p>																

○技術名称	小型フレーム構造ROVを用いた水中維持管理技術		
●評価結果			
検証項目	[1]ダムにおいて、ゲート設備の「腐食、損傷、変形」、堤体等のコンクリート建造物の「損傷等」及び洪水吐き水叩き部の「洗掘等」について潜水士による近接目視の代替(精査)または支援(概査)ができる技術・システム		
総合評価	<p>検証課題のうち、水中部堤体コンクリート表面の状態把握(模擬板の撮影(精査))を実施し、点検情報を取得できた。設計上の課題から、潜水可能時間は最大1時間に留まるため、堤体コンクリート表面及びゲート設備の状態把握(概査)は実施できなかった。要改良事項はあるが、一定の点検支援効果が確認されたため、要改良事項が解決されれば活用が期待できる。</p> <p>【検証結果】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○模擬体の精細な画像の取得と変状の概略寸法の計測は可能であることが確認された。 ○潜水士による調査に比べ、費用面で概ね同等となることが確認された(40m未満)。 ○ROVの空中質量が約25kgと軽量であるので、人力による搬入出が可能であることが確認された。 ○長時間に渡る、水平移動や姿勢を自律制御する機能や潜航/浮上の継続運転ができなかった。 ○ROVの姿勢によって、目地の開き幅などの計測精度が低下する(計測時には点検対象に正対することが望ましい)。 		
要改良事項が解決されれば活用が期待できる。			—
改良が必要な事項	<p>【運用性の改善】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・潜水可能時間の改善など、ゲート設備やダム堤体コンクリート表面の概査への適用性向上 		
期待される活用場面	<ul style="list-style-type: none"> ・安全性向上と費用低減が期待される潜水作業(①水深40m未満、②高濁度下)での活用 ・ゲート設備や堤体等のコンクリート建造物を対象に、近接目視の代替(精査)(40m以深、面的な調査、点検箇所の清掃、ボルトやナットの緩み等の点検、板厚測定は対象外) ・変状等発生状況やその位置把握、その概略寸法の計測、および再現性のある点検記録の作成 		
留意事項	<ul style="list-style-type: none"> ・ROVの性能上、長時間の調査は不可 ・水面上のGPS浮体とROVを繋ぐテグスの鉛直性の確保 ・水中ケーブルが構造物等に絡まらないよう、移動経路や取り回しに注意が必要 		
期待される改良・開発事項	<p>【点検の効率化】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・堤体コンクリートの目地の開きや表面劣化状況等の面的な確認のための複合画像やクラックマップ等を作成する機能 <p>【ロボットの機能向上】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・点検対象に自動的に正対する機能の実現による点検作業の効率化と操作性の向上 ・堤体のクラックまたは継目からの漏水箇所の有無の確認を可能とする機能 <p>【計測機器の信頼性向上】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・降雨時の防水対策等による計測機器の信頼性の向上 		
参考: 今回の現場検証における応募要件・項目についての判定結果(今回の検証現場の諸条件下での結果)			
検証項目		判定	備考
基本要件①	濁水中でも、画像、照明技術、レーザー、音響等を使用して状態把握が可能。	○	
基本要件②	従来の方法(潜水士による点検等)に比べ、費用対効果の面で優位となる。	○	40m未満 1日当り
基本要件③	技術・システム自体の機能または点検対象物等の目印を用いて対象の位置を把握する精度は、ゲート設備や堤体等のコンクリート部では概ね10cm以内、洪水吐き水叩き部では概ね1m以内。	○	
基本要件④	濁度、水流、流木の存在等の現場条件は、現場検証場所での検証時期のものを想定。	○	
期待項目⑤	水深40m以上の点検対象物まで対応可能。(80m以上潜航できる技術はより高く評価)	○	水深43m
期待項目⑥	点検データを継続的に保管し、履歴管理を行い、経年変化が比較できる。	○	
期待項目⑦	点検に際し、自動航行または自律制御が可能。	○	
期待項目⑧	現場への搬入、設置及び撤去が容易。	◎	人力で可
期待項目⑩	点検の障害物(流木、砂礫、ゴミ等)の回避あるいは除去が可能。	○	除去不可
期待項目⑬	クラック等を確認した場合、その幅、長さ、漏水の有無について簡易測定が可能。	○	漏水不可

次世代社会インフラ用ロボット開発・導入促進事業

現場検証 評価結果	実用検証
------------------	-------------

次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会 水中維持管理部会

○技術名称	アクアジャスターによる姿勢制御した水中構造物の健全性評価																	
○応募者	株式会社大林組																	
○共同開発者																		
○技術概要	<p>箱メガネ付高解像度カメラを搭載したROVで、水深及び姿勢を保持する自律制御を有している。また、画像鮮明化技術による鮮明画像の取得、点検箇所清掃が可能である。</p> <p>機体の水平方向を任意に制御できるアクアジャスターと、地上または船上からの遠隔操作により任意な場所に移動できるROVとの組み合わせで、水中構造物の広域で迅速な調査を可能とする。</p>	<p>(外観・イメージ)</p> 																
○対象分野	水中維持管理 ダム																	
○技術構成	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width:20%;">移動機構</td> <td style="width:30%;">ROV</td> <td style="width:50%;">最大潜航深度100m、最大速度0.5m/s 制御技術：水深保持、アクアジャスターによる姿勢保持</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">情報取得機器</td> <td>音響センサー等</td> <td>プロファイリングソナー</td> </tr> <tr> <td>光学カメラ</td> <td>箱メガネ付HDカメラ、214万画素</td> </tr> <tr> <td>データ処理</td> <td>3Dデータ、画像の加工</td> <td>モザイク図</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">その他</td> <td>マニピュレータ等</td> <td>ケレン装置(電動ロールブラシ)</td> </tr> <tr> <td>測位技術</td> <td>深度センサ、方位計、USBL、TS(自動追尾)</td> </tr> </table>	移動機構	ROV	最大潜航深度100m、最大速度0.5m/s 制御技術：水深保持、アクアジャスターによる姿勢保持	情報取得機器	音響センサー等	プロファイリングソナー	光学カメラ	箱メガネ付HDカメラ、214万画素	データ処理	3Dデータ、画像の加工	モザイク図	その他	マニピュレータ等	ケレン装置(電動ロールブラシ)	測位技術	深度センサ、方位計、USBL、TS(自動追尾)	
移動機構	ROV	最大潜航深度100m、最大速度0.5m/s 制御技術：水深保持、アクアジャスターによる姿勢保持																
情報取得機器	音響センサー等	プロファイリングソナー																
	光学カメラ	箱メガネ付HDカメラ、214万画素																
データ処理	3Dデータ、画像の加工	モザイク図																
その他	マニピュレータ等	ケレン装置(電動ロールブラシ)																
	測位技術	深度センサ、方位計、USBL、TS(自動追尾)																
○問合せ先	株式会社大林組 本社 土木本部 生産技術本部 設計第三部 設計第二課長 浜地克也 Tel: 03-5769-1314 E-Mail: hamachi.katsuya@obayashi.co.jp URL: http://www.obayashi.co.jp																	
●検証項目	[1] (詳細内容は、本書p.2に記載)																	
●検証場所	天ヶ瀬ダム(京都府宇治市)、弥栄ダム(広島県大竹市)																	
●検証内容	<p>①水中部堤体コンクリート表面の状態把握(概査・精査) 水中部の堤体コンクリートの変状と横継目、水平継目の開き具合の調査を実施し、潜水士の負担軽減と高濁度下、40m以深での潜水作業における安全性の向上と費用削減について検証した(概査)。</p> <p>概査にて変状が認められた特定箇所を想定し模擬板にて潜水士と同等の精度の調査を行い、潜水士による近接目視の代替について検証を実施した(精査)。</p> <p>②ゲート設備の状態把握(概査・精査) ゲート設備の腐食、損傷、変状調査による潜水士の負担軽減と高濁度下、40m以深での潜水作業における安全性の向上と費用削減について検証した(概査)。</p> <p>ゲート設備の潜水士による近接目視の代替(ゲート設備のボルトの緩みチェック、清掃、選択取水塔スクリーン下部とコンクリート躯体の境界付近の撮影)について検証した(精査)。</p> <p>【検証実施日】 (天ヶ瀬ダム)平成27年11月20日(点検作業) 11月24日(委員検証) (弥栄ダム)平成27年12月7日(点検作業)</p>	 <p>現場検証状況</p>  <p>【取得データ例】模擬板撮影画像</p>																

○技術名称	アクアジャスターによる姿勢制御した水中構造物の健全性評価		
●評価結果			
検証項目	[1]ダムにおいて、ゲート設備の「腐食、損傷、変形」、堤体等のコンクリート構造物の「損傷等」及び洪水吐き水叩き部の「洗掘等」について潜水士による近接目視の代替(精査)または支援(概査)ができる技術・システム		
総合評価	<p>全ての検証課題(水中部堤体コンクリート表面の状態把握(概査・精査)、ゲート設備の状態把握(概査・精査))を実施し、点検情報を取得できた。一定の点検支援効果が確認されたため、「試行的導入」を推薦する。</p> <p>【検証結果】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○画像鮮明化技術を有し、より精細な動画の撮影ができていたことが確認された。 ○水中撮影において、撮影時のROVの動きを固定できるアクアジャスターを使用して、ブレのない鮮明な動画が撮影できた。 ○複合画像の作成や変状の概略寸法の計測ができることが確認された。 ○潜水士による調査に比べ、費用面で優位になる可能性が確認された(40m以深における効果が高い)。 ○点検箇所の清掃、ボルトやナットの緩みの画像による判断情報の取得ができることが確認された。 ○ROVの姿勢によって、目地の開き幅などの計測精度が低下する(計測時には点検対象に正対することが望ましい)。 		
「試行的導入」を推薦する。			★★★
期待される活用場面	<ul style="list-style-type: none"> ・安全性向上と費用低減が期待される潜水作業(①水深40m以深、②高濁度下)での活用 ・ゲート設備や堤体等のコンクリート構造物を対象に、近接目視の代替(精査)または支援(概査)(ボルトやナットの緩み等の触診、板厚測定は対象外) ・変状等発生状況やその位置把握、その概略寸法の計測、および再現性のある点検記録の作成 		
留意事項	<ul style="list-style-type: none"> ・ROVの質量が約120kgであることから、ボートからダム湖への投入・回収に注意が必要 ・水中ケーブルが構造物等に絡まらないよう、移動経路や取り回しに注意が必要 		
期待される改良・開発事項	<p>【点検の効率化】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・点検対象に自動的に正対する機能の実現による点検作業の効率化と操作性の向上 ・堤体のクラックまたは継目からの漏水を確認するための機能 <p>【計測機器の信頼性向上】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・降雨時の防水対策等による計測機器の信頼性の向上 		
参考: 今回の現場検証における応募要件・項目についての判定結果(今回の検証現場の諸条件下での結果)			
検証項目		判定	備考
基本要件①	濁水中でも、画像、照明技術、レーザー、音響等を使用して状態把握が可能。	◎	
基本要件②	従来の方法(潜水士による点検等)に比べ、費用対効果の面で優位となる。	◎	40m以深 1000m ² 当り
基本要件③	技術・システム自体の機能または点検対象物等の目印を用いて対象の位置を把握する精度は、ゲート設備や堤体等のコンクリート部では概ね10cm以内、洪水吐き水叩き部では概ね1m以内。	○	
基本要件④	濁度、水流、流木の存在等の現場条件は、現場検証場所での検証時期のものを想定。	○	
期待項目⑤	水深40m以上の点検対象物まで対応可能。(80m以上潜航できる技術はより高く評価)	◎	水深 82m
期待項目⑥	点検データを継続的に保管し、履歴管理を行い、経年変化が比較できる。	○	
期待項目⑦	点検に際し、自動航行または自律制御が可能。	○	
期待項目⑧	現場への搬入、設置及び撤去が容易。	○	人力で可
期待項目⑨	他の多くの現場において効果を発揮できる。(汎用性)	◎	
期待項目⑩	点検箇所の清掃ができる。ただし、清掃対象物の塗装に損傷を与えない。	○	
期待項目⑪	点検の障害物(流木、砂礫、ゴミ等)の回避あるいは除去が可能。	○	除去不可
期待項目⑫	コンクリート構造物表面の劣化状況等が面的に確認できる。	○	
期待項目⑬	クラック等を確認した場合、その幅、長さ、漏水の有無について簡易測定が可能。	◎	
期待項目⑭	ボルトやナットの緩み、または、ガイドレールやワイヤーの腐食や損傷度合いについて、潜水士による触診の代替または支援が可能。	○	画像による 情報取得

次世代社会インフラ用ロボット開発・導入促進事業

現場検証 評価結果	要素検証
------------------	-------------

次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会 水中維持管理部会

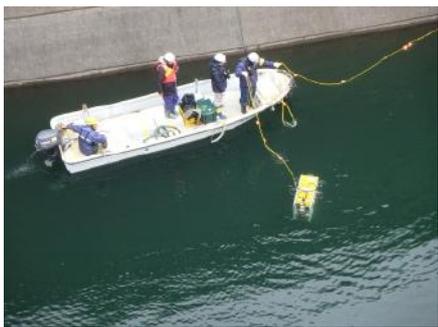
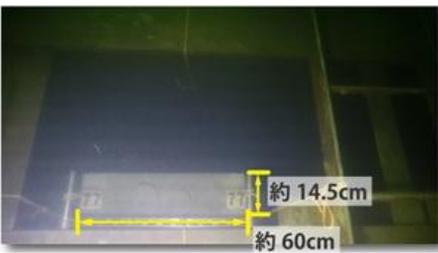
○技術名称	テザー伸展開操舵型の遠隔操作水中ロボットの開発																	
○応募者	株式会社建設技術研究所																	
○共同開発者	株式会社ハイボット、国立大学法人東京工業大学																	
○技術概要	<p>ウォータールーペ付の高解像度カメラを搭載したROVで、堤体近傍に固定した操作船を用い、ダム堤体の横継目に沿ってスラストで押し付けながらレーザーで降下し、映像を取得する。また、ブラシによる点検箇所の清掃が可能である。付着物を除去した構造物の状態把握を行うことにより、位置情報と合わせ精緻なデータ取得を実現する。</p>	<p>(外観・イメージ)</p> 																
○対象分野	水中維持管理 ダム																	
○技術構成	<table border="1"> <tr> <td>移動機構</td> <td>ROV</td> <td>最大潜航深度100m 制御技術:なし</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">情報取得機器</td> <td>音響センサー等</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>光学カメラ</td> <td>ウォータールーペ付HDカメラ、235万画素</td> </tr> <tr> <td>データ処理</td> <td>3Dデータ、画像の加工</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">その他</td> <td>マニピュレータ等</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>測位技術</td> <td>レーザー距離計、深度センサ、姿勢センサ、コンパス、ワイヤカウンタ</td> </tr> </table>		移動機構	ROV	最大潜航深度100m 制御技術:なし	情報取得機器	音響センサー等	—	光学カメラ	ウォータールーペ付HDカメラ、235万画素	データ処理	3Dデータ、画像の加工	—	その他	マニピュレータ等	—	測位技術	レーザー距離計、深度センサ、姿勢センサ、コンパス、ワイヤカウンタ
移動機構	ROV	最大潜航深度100m 制御技術:なし																
情報取得機器	音響センサー等	—																
	光学カメラ	ウォータールーペ付HDカメラ、235万画素																
データ処理	3Dデータ、画像の加工	—																
その他	マニピュレータ等	—																
	測位技術	レーザー距離計、深度センサ、姿勢センサ、コンパス、ワイヤカウンタ																
○問合せ先	株式会社建設技術研究所 東京本社 ダム部 次長 泉倫光 Tel: 03-3668-0613 E-Mail: n-izumi@ctie.co.jp URL: http://www.ctie.co.jp																	
●検証項目	[1] (詳細内容は、本書p.2に記載)																	
●検証場所	天ヶ瀬ダム(京都府宇治市)																	
●検証内容	<p>①水中部堤体コンクリート表面の状態把握(概査・精査) 水中部の堤体コンクリートの変状と横継目の開き具合の調査を実施し、潜水士の負担軽減と高濁度下、40m以深での潜水作業における安全性の向上と費用削減について検証した(概査)。 概査にて変状が認められた特定箇所を想定し模擬板にて潜水士と同等の精度の調査を行い、潜水士による近接目視の代替について検証した(精査)。</p> <p>②ゲート設備の状態把握(概査・精査) ゲート設備の腐食、損傷、変状調査による潜水士の負担軽減と高濁度下、40m以深での潜水作業における安全性の向上と費用削減について検証した(概査)。 ゲート設備の潜水士による近接目視の代替について、機能を有しないため検証を計画しなかった(精査)。</p> <p>【検証実施日】 平成27年11月11日(点検作業) 11月24日(委員検証)</p>																	
	 <p style="text-align: center;">現場検証状況</p>  <p style="text-align: center;">【取得データ例】横継目撮影画像</p>																	

○技術名称	レーザー伸展操舵型の遠隔操作水中ロボットの開発		
●評価結果			
検証項目	[1]ダムにおいて、ゲート設備の「腐食、損傷、変形」、堤体等のコンクリート構造物の「損傷等」及び洪水吐き水叩き部の「洗掘等」について潜水士による近接目視の代替(精査)または支援(概査)ができる技術・システム		
総合評価 (コメント)	<p>検証課題のうち、水中部堤体コンクリート表面の状態把握(堤体コンクリートの横継目(概査)及び模擬板(精査)の撮影)、ゲート設備の状態把握(予備ゲート表面の一部の撮影(概査))の撮影を行い、点検情報を取得できた。試行的導入に対しては要改良事項が残っており、活用に向けて今後の技術開発を期待する。</p> <p>【検証結果】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○今回の現場検証では、横継目や模擬板の鮮明な画像の取得と変状の概略寸法の計測ができることが確認された。また、予備ゲート表面の鮮明な画像の取得ができることが確認された。 ○潜水士による調査に比べ、費用面で概ね同等になる可能性が確認された(40m以深)。 ○鉛直方向への自重降下式であるため、アーチ式コンクリートダムでは点検作業中に位置固定用ボートが堤体から離れてしまうことにより、カメラの位置情報取得等に影響が考えられる。 ○点検対象との距離が離れると、ウォータールーペの機能が低下することへの対応が望まれる。 ○技術の特性上、水平継目を水平方向へ移動しながらの点検や凹凸のある構造物等の点検が困難と考えられる。 ○ROVの上下に装着されたブラシによる清掃において一定の清掃効果は確認されたが、堤体とROVの隙間に濁水が溜まる状況が見られた。 		
要素検証技術			—
想定される活用場面	<ul style="list-style-type: none"> ・安全性向上と費用低減が期待される潜水作業(①水深40m以深、②高濁度下)での活用 ・堤体コンクリートの横継目を対象とする近接目視の代替(精査)または支援(概査)(ボルトやナットの緩み等の点検、板厚測定は対象外) ・変状等発生状況やその位置把握、その概略寸法の計測、および再現性のある点検記録の作成 		
留意事項	<ul style="list-style-type: none"> ・吊り下げ式カメラは、鉛直方向への自重降下式であるため、突起部等の障害物がない部位のみに適用可能(アーチ式コンクリートダム等では横継目に沿って点検するための操作が難しく技量が必要) 		
期待される改良・開発事項	<p>【計測機器の開発促進】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・堤体のクラックまたは継目からの漏水を確認するための機能 ・堤体コンクリートの目地の開きや表面劣化状況等の面的な確認のための複合画像やクラックマップ等を作成する機能 ・降雨時の防水対策等による計測機器の信頼性の向上 		
参考: 今回の現場検証における応募要件・項目についての判定結果(今回の検証現場の諸条件下での結果)			
検証項目		判定	備考
基本要件①	濁水中でも、画像、照明技術、レーザー、音響等を使用して状態把握が可能。	◎	
基本要件②	従来の方法(潜水士による点検等)に比べ、費用対効果の面で優位となる。	○	40m以深 1000m ² 当り
基本要件③	技術・システム自体の機能または点検対象物等の目印を用いて対象の位置を把握する精度は、ゲート設備や堤体等のコンクリート部では概ね10cm以内、洪水吐き水叩き部では概ね1m以内。	○	
基本要件④	濁度、水流、流木の存在等の現場条件は、現場検証場所での検証時期のものを想定。	○	
期待項目⑤	水深40m以上の点検対象物まで対応可能。(80m以上潜航できる技術はより高く評価)	○	水深38m
期待項目⑥	点検データを継続的に保管し、履歴管理を行い、経年変化が比較できる。	○	
期待項目⑧	現場への搬入、設置及び撤去が容易。	○	人力で可
期待項目⑬	クラック等を確認した場合、その幅、長さ、漏水の有無について簡易測定が可能。	◎	

次世代社会インフラ用ロボット開発・導入促進事業

現場検証 評価結果	実用検証
------------------	-------------

次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会 水中維持管理部会

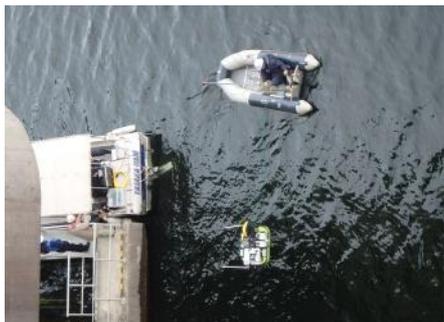
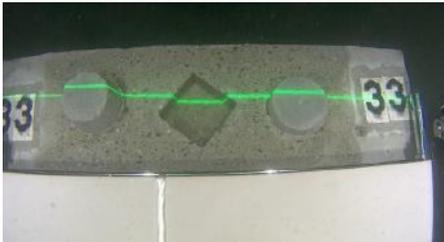
○技術名称	水中点検ロボットシステム																	
○応募者	株式会社アーク・ジオ・サポート																	
○共同開発者	東京大学生産技術研究所																	
○技術概要	<p>高解像度カメラと音響カメラを搭載したROVで、高解像度カメラで撮影した画像を用いた複合画像(モザイク図)の作成が可能である。 潜水士による近接目視の代替として、濁水中のナビゲーションを補助する相対的位置情報を把握するためのドップラー速度計(DVL)及び障害物探査ソナーを搭載する。</p>	<p>(外観・イメージ)</p> 																
○対象分野	水中維持管理 ダム																	
○技術構成	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 20%;">移動機構</td> <td style="width: 30%;">ROV</td> <td style="width: 50%;">最大潜航深度150m、最大速力1m/s 制御技術:なし</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">情報取得機器</td> <td>音響センサ等</td> <td>音響カメラ</td> </tr> <tr> <td>光学カメラ</td> <td>HDカメラ、1200万画素</td> </tr> <tr> <td>データ処理</td> <td>3Dデータ、画像の加工</td> <td>モザイク図</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">その他</td> <td>マニピュレータ等</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>測位技術</td> <td>深度センサ、障害物探査ソナー、DVL</td> </tr> </table>	移動機構	ROV	最大潜航深度150m、最大速力1m/s 制御技術:なし	情報取得機器	音響センサ等	音響カメラ	光学カメラ	HDカメラ、1200万画素	データ処理	3Dデータ、画像の加工	モザイク図	その他	マニピュレータ等	—	測位技術	深度センサ、障害物探査ソナー、DVL	
移動機構	ROV	最大潜航深度150m、最大速力1m/s 制御技術:なし																
情報取得機器	音響センサ等	音響カメラ																
	光学カメラ	HDカメラ、1200万画素																
データ処理	3Dデータ、画像の加工	モザイク図																
その他	マニピュレータ等	—																
	測位技術	深度センサ、障害物探査ソナー、DVL																
○問合せ先	株式会社アーク・ジオ・サポート 技術部 技術開発グループ グループ長 村越誠 Tel: 03-5304-7899 E-Mail: murakoshi@a-gs.jp URL: http://www.a-gs.jp																	
●検証項目	[1] (詳細内容は、本書p.2に記載)																	
●検証場所	天ヶ瀬ダム(京都府宇治市)																	
●検証内容	<p>①水中部堤体コンクリート表面の状態把握(概査・精査) 水中部の堤体コンクリートの変状と横継目、水平継目の開き具合の調査を計画したが、機材トラブルにより実施できなかった。 概査にて変状が認められた特定箇所を想定し模擬板にて潜水士と同等の精度の調査を行い、潜水士による近接目視の代替について検証した(精査)。</p> <p>②ゲート設備の状態把握(概査・精査) ゲート設備の腐食、損傷、変状調査による潜水士の負担軽減と高濁度下、40m以深での潜水作業における安全性の向上と費用削減について検証した(概査)。 ゲート設備の潜水士による近接目視の代替について、機能を有しないため検証を計画しなかった(精査)。</p> <p>【検証実施日】 平成27年11月13日(点検作業) 11月24日(委員検証)</p>	<p>現場検証状況</p>  <p>【取得データ例】模擬板撮影画像</p> 																

○技術名称	水中点検ロボットシステム		
●評価結果			
検証項目	[1]ダムにおいて、ゲート設備の「腐食、損傷、変形」、堤体等のコンクリート建造物の「損傷等」及び洪水吐き水叩き部の「洗掘等」について 潜水土による近接目視の代替(精査)または支援(概査) ができる技術・システム		
総合評価	<p>今回の検証では、基本要件を全て満足することが確認できなかった。検証課題のうち、コンクリート模擬板の撮影(精査)及び予備ゲート戸当り部の一部の撮影(精査)に係る点検情報の一部を取得することができた。ゲート設備や堤体等のコンクリート建造物を対象とした近接目視の支援(概査)については未検証である。活用に向けて今後の技術開発を期待する。</p> <p>【検証結果】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○複合画像の作成が可能であることが確認された。 ○ROVの水中位置の特定、点検対象物とROVとの位置関係の把握については実施できなかった。 ○潜水土による調査に比べ、費用面で優位になる可能性が確認された(40m以深における効果が高い)。 ○模擬板の撮影はできたが、模擬板の位置把握や変状の概略寸法の計測はできなかった。 ○航行中、機体周囲の状況把握が困難となった場面があった。 ○ROVの姿勢によって、目地の開き幅などの計測精度が低下する(計測時には点検対象に正対することが望ましい)。 		
活用に向けて今後の技術開発を期待する。			—
期待される技術開発事項	<p>今回の現場検証の結果、活用に向けて「基本的要件③」への対応が期待される。</p> <p>さらに以下の機能に係る技術開発が期待される。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・安全運行のために、機体位置を把握する機能および機体周囲状況が確認できる機能 ・点検により確認された変状等の位置把握機能および概略寸法の計測機能 		
参考: 今回の現場検証における応募要件・項目についての判定結果(今回の検証現場の諸条件下での結果)			
検証項目		判定	備考
基本要件①	濁水中でも、画像、照明技術、レーザー、音響等を使用して状態把握が可能。	○	
基本要件②	従来の方法(潜水土による点検等)に比べ、費用対効果の面で優位となる。	◎	40m以深 1000m ² 当り
基本要件③	技術・システム自体の機能または点検対象物等の目印を用いて対象の位置を把握する精度は、ゲート設備や堤体等のコンクリート部では概ね10cm以内、洪水吐き水叩き部では概ね1m以内。	×	
基本要件④	濁度、水流、流木の存在等の現場条件は、現場検証場所での検証時期のものを想定。	○	
期待項目⑤	水深40m以上の点検対象物まで対応可能。(80m以上潜航できる技術はより高く評価)	◎	水深109m (宮ヶ瀬)
期待項目⑥	点検データを継続的に保管し、履歴管理を行い、経年変化が比較できる。	○	
期待項目⑪	点検の障害物(流木、砂礫、ゴミ等)の回避あるいは除去が可能。	○	除去不可
期待項目⑫	コンクリート建造物表面の劣化状況等が面的に確認できる。	○	

次世代社会インフラ用ロボット開発・導入促進事業

現場検証 評価結果	実用検証
-----------	------

次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会 水中維持管理部会

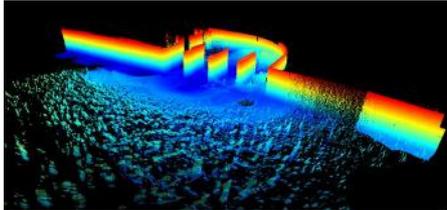
○技術名称	可変構成型水中調査用ロボット技術																		
○応募者	株式会社キュー・アイ																		
○共同開発者	株式会社日立製作所ディフェンスシステム社、国立研究開発法人産業技術総合研究所																		
○技術概要	<p>ケーブルにより水上ロボットと接続したROVである。高解像度カメラを搭載しており、方位・正対・堤体との離隔保持、指定した深度への自動潜航が可能であり、その後は堤体との離隔と姿勢を保ちつつ、あらかじめ設定したルートで堤体の自動調査を行うことが可能である。また、画像鮮明化技術による鮮明画像の取得が可能である。</p>	(外観・イメージ)																	
○対象分野	水中維持管理 ダム																		
○技術構成	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 20%;">移動機構</td> <td style="width: 20%;">ROV</td> <td style="width: 60%;">最大潜航深度100m、最大速度0.4m/s 制御技術：方位保持、堤体との距離/正対保持、水上機/水中機の同期運転、指定深度への自動潜航、堤体の自動調査</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">情報取得機器</td> <td>音響センサ等</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>光学カメラ</td> <td>HDカメラ、200万画素</td> </tr> <tr> <td>データ処理</td> <td>3Dデータ、画像の加工</td> <td>クラックマップ、モザイク図、鮮明化処理</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">その他</td> <td>マニピュレータ等</td> <td>1軸電動</td> </tr> <tr> <td>測位技術</td> <td>単独測位GNSS、深度センサ、超音波距離センサ、ケーブルカウンタセンサ、レーザ距離計</td> </tr> </table>	移動機構	ROV	最大潜航深度100m、最大速度0.4m/s 制御技術：方位保持、堤体との距離/正対保持、水上機/水中機の同期運転、指定深度への自動潜航、堤体の自動調査	情報取得機器	音響センサ等	—	光学カメラ	HDカメラ、200万画素	データ処理	3Dデータ、画像の加工	クラックマップ、モザイク図、鮮明化処理	その他	マニピュレータ等	1軸電動	測位技術	単独測位GNSS、深度センサ、超音波距離センサ、ケーブルカウンタセンサ、レーザ距離計		
移動機構	ROV	最大潜航深度100m、最大速度0.4m/s 制御技術：方位保持、堤体との距離/正対保持、水上機/水中機の同期運転、指定深度への自動潜航、堤体の自動調査																	
情報取得機器	音響センサ等	—																	
	光学カメラ	HDカメラ、200万画素																	
データ処理	3Dデータ、画像の加工	クラックマップ、モザイク図、鮮明化処理																	
その他	マニピュレータ等	1軸電動																	
	測位技術	単独測位GNSS、深度センサ、超音波距離センサ、ケーブルカウンタセンサ、レーザ距離計																	
○問合せ先	株式会社キュー・アイ 技術開発部 部長 松原修 Tel: 045-783-1035 E-Mail: matsubara@qi-inc.com URL: http://www.qi-inc.com																		
●検証項目	[1] (詳細内容は、本書p.2に記載)																		
●検証場所	弥栄ダム(広島県大竹市)																		
●検証内容	<p>①水中部堤体コンクリート表面の状態把握(概査・精査) 水中部の堤体コンクリートの変状と横継目の開き具合の調査を実施し、潜水士の負担軽減と高濁度下、40m以深での潜水作業における安全性の向上と費用削減について検証した(概査)。 概査にて変状が認められた特定箇所を想定し、模擬板にて潜水士と同等の精度の調査を行い、潜水士による近接目視の代替について検証した(精査)。</p> <p>②ゲート設備の状態把握(概査・精査) ゲート設備の腐食、損傷、変状調査による潜水士の負担軽減と高濁度下、40m以深での潜水作業における安全性の向上と費用削減について検証した(概査)。 ゲート設備の潜水士による近接目視の代替(選択取水塔スクリーン下部とコンクリート躯体の境界付近の撮影)については検証していない(精査)。</p> <p>【検証実施日】 平成27年12月4日(点検作業)</p>																		
	 <p style="text-align: center;">現場検証状況</p>		 <p style="text-align: center;">【取得データ例】模擬板撮影画像</p>																

○技術名称	可変構成型水中調査用ロボット技術		
●評価結果			
検証項目	[1]ダムにおいて、ゲート設備の「腐食、損傷、変形」、堤体等のコンクリート構造物の「損傷等」及び洪水吐き水叩き部の「洗掘等」について 潜水土による近接目視の代替(精査)または支援(概査) ができる技術・システム		
総合評価	<p>検証課題のうち、水中部堤体コンクリート表面の状態把握(堤体コンクリート表面(概査)及び模擬板(精査)の撮影)及びゲート設備の状態把握(予備ゲート戸当り部の撮影(概査))を実施し、点検情報を取得できた。ゲート設備の状態把握(選択取水塔スクリーン下部とコンクリート躯体の境界付近の撮影(精査))については検証していない。要改良事項はあるが、一定の点検支援効果が確認されたため、要改良事項が解決されれば活用が期待できる。</p> <p>【検証結果】 ○画像鮮明化技術を有し、より鮮明な画像が取得できていることが確認された。 ○潜水土による調査に比べ、費用面で優位になる可能性が確認された(40m以深における効果が高い)。 ○自律制御と画像鮮明化技術により、画像の鮮明化、複合画像の作成や変状の概略寸法の計測ができることが確認された。 ○水上機からの吊り下げ式であるため、アーチ式コンクリートダムや凹凸のある構造物等への適用と水上機をボートに積載しボートからダム湖への投入及びダム湖からの回収方法の効率化が望まれる。</p>		
要改良事項が解決されれば活用が期待できる。			—
改良が必要な事項	<p>【位置把握精度の向上】 ・強風下における水上機の位置の保持 【運用性の改善】 ・機材の準備から撤収、点検対象への移動、不具合対応等を含めたシステム全体の作業効率を含む運用性の改善</p>		
期待される活用場面	<p>・安全性向上と費用低減が期待される潜水作業(①水深40m未満、②水深40m以深、③高濁度下)での活用 ・ゲート設備や堤体等のコンクリート構造物を対象に、近接目視の代替(精査)または支援(概査)(点検箇所の清掃、ボルトやナットの緩み等の点検、板厚測定は対象外) ・変状等発生状況やその位置把握、その概略寸法の計測、および再現性のある点検記録の作成</p>		
留意事項	<p>・水中ケーブルが構造物等に絡まらないよう、移動経路や取り回しに注意が必要</p>		
期待される改良・開発事項	<p>【点検の効率化】 ・リアルタイム画像処理技術の実現により、操作者が鮮明な画像を見ながら、点検と同時に変状や損傷等を確認できる機能 ・堤体のクラックまたは継目からの漏水を確認するための機能 ・自律制御技術の開発促進による強風化における水上機の位置保持性能の向上 【計測機器の信頼性向上】 ・降雨時の防水対策等による計測機器の信頼性の向上</p>		
参考: 今回の現場検証における応募要件・項目についての判定結果(今回の検証現場の諸条件下での結果)			
検証項目		判定	備考
基本要件①	濁水中でも、画像、照明技術、レーザー、音響等を使用して状態把握が可能。	◎	
基本要件②	従来の方法(潜水土による点検等)に比べ、費用対効果の面で優位となる。	◎	40m以深 1000m ² 当り
基本要件③	技術・システム自体の機能または点検対象物等の目印を用いて対象の位置を把握する精度は、ゲート設備や堤体等のコンクリート部では概ね10cm以内、洪水吐き水叩き部では概ね1m以内。	○	
基本要件④	濁度、水流、流木の存在等の現場条件は、現場検証場所での検証時期のものを想定。	○	
期待項目⑤	水深40m以上の点検対象物まで対応可能。(80m以上潜航できる技術はより高く評価)	◎	水深77.2m
期待項目⑥	点検データを継続的に保管し、履歴管理を行い、経年変化が比較できる。	○	
期待項目⑦	点検に際し、自動航行または自律制御が可能。	○	
期待項目⑧	現場への搬入、設置及び撤去が容易。	○	人力で可
期待項目⑨	他の多くの現場において効果を発揮できる。(汎用性)	○	
期待項目⑩	点検の障害物(流木、砂礫、ゴミ等)の回避あるいは除去が可能。	○	除去は不可
期待項目⑪	コンクリート構造物表面の劣化状況等が面的に確認できる。	○	
期待項目⑫	クラック等を確認した場合、その幅、長さ、漏水の有無について簡易測定が可能。	◎	
※実用化については平成30年度以降			

次世代社会インフラ用ロボット開発・導入促進事業

現場検証 評価結果	実用検証
------------------	-------------

次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会 水中維持管理部会

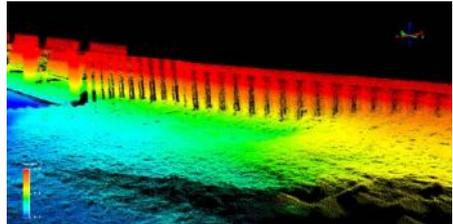
○技術名称	3Dレーザースキャナーと水中3Dスキャナーによる維持管理点検技術															
○応募者	いであ株式会社															
○共同開発者																
○技術概要	<p>陸上運搬機械に搭載した水中用3Dスキャナー（BV5000）と陸上用3Dレーザースキャナー（GLS-2000）を組合せて、河川護岸、擁壁等の構造物の形状を水中部、陸上部合わせて把握する技術である。 水中部と陸上部の3次元測量結果をソフト上で重ね合わせ、陸上・水中をシームレスに測量することができ、測量データを公共XYZ座標に変換することにより、点検結果の経年変化を見ることができる。また、水中用3Dスキャナーの設置架台を自走式運搬機に搭載するため、流速の速い場所でも点検対象物を効率よく概査することが可能である。</p>	<p>(外観・イメージ)</p> 														
○対象分野	水中維持管理 河川															
○技術構成	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">移動機構</td> <td>陸上自走式運搬機</td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="2" style="text-align: center;">情報取得機器</td> <td>音響センサー等</td> <td>水中用3Dスキャナー-BV5000、距離分解能5~10cm</td> </tr> <tr> <td>ビデオカメラ</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">データ処理</td> <td>3Dデータ、画像の加工</td> <td>3D測量図</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">その他</td> <td>測位技術</td> <td>VRS-GNSS</td> </tr> </table>		移動機構	陸上自走式運搬機		情報取得機器	音響センサー等	水中用3Dスキャナー-BV5000、距離分解能5~10cm	ビデオカメラ		データ処理	3Dデータ、画像の加工	3D測量図	その他	測位技術	VRS-GNSS
移動機構	陸上自走式運搬機															
情報取得機器	音響センサー等	水中用3Dスキャナー-BV5000、距離分解能5~10cm														
	ビデオカメラ															
データ処理	3Dデータ、画像の加工	3D測量図														
その他	測位技術	VRS-GNSS														
○問合せ先	いであ株式会社 国土環境研究所 環境調査部 技術開発室 Tel: 045-593-7602 E-Mail: ftarou@ideacon.co.jp URL: http://ideacon.jp															
●検証項目	[3] (詳細内容は、本書p.21に記載)															
●検証場所	国土交通省信濃川河川事務所 妙見堰(新潟県長岡市)															
●検証内容	<p>堰上流側の水域において、河川護岸(コンクリート擁壁および矢板護岸)の変状調査を行い、取得できた点検情報の精度、記録の妥当性、作業の効率性、汎用性および安全性について検証を実施した。</p> <p>【検証実施日】 平成27年10月26日(点検作業) 10月28日(委員検証)</p>	 <p style="text-align: center;">擁壁調査状況</p>  <p style="text-align: center;">【取得データ例】魚道呑口3D鳥瞰図</p>														

○技術名称	3Dレーザー scanner と水中3D scanner による維持管理点検技術		
●評価結果(護岸)			
検証項目	[3]河川護岸において、「コンクリート部の損傷、うき・剥離・剥落、豆板や、コールドジョイント部のうき・剥離・剥落、鋼矢板部の劣化・損傷状況等」について、潜水士による近接目視の代替(精査)または支援(概査)ができる技術・システム		
総合評価	<p>陸上運搬機械に搭載した水中用3D scanner と陸上用の3Dレーザー scanner を組合せることにより、河川護岸、擁壁等の構造物の形状を水中部、陸上部合わせて把握できることを確認した。一定の点検支援効果が確認されたため、「試行的導入」を推薦する。</p> <p>【検証結果】 基本要件6項目をすべてを満足した。 ○音響測深機(水中3D scanner)により、濁度に拘わらず、護岸の状態を河底まで広範囲かつ面的に把握できることが確認された。 ○潜水士による調査に比べ、費用面で優位になる可能性が確認された。 ○点検対象物の位置把握精度は概ね10cm程度で、高精度に把握できることが確認された。 ○検証時の流速は0.7m/s以下であったが、3m/s程度の流速まで対応可能(申告値)</p>		
「試行的導入」を推薦する。			★★★
期待される活用場面	<ul style="list-style-type: none"> ・河川の水衝部等、流速が速くて船が近づけないような場所における護岸基礎部周辺の洗掘の有無や規模(幅、長さ、深さ等)の調査での活用 ・河川護岸の陸上から直接視認できない構造物の変状(傾き、変形等)について、近接目視の代替または支援(コンクリート表面のクラック等の細かい変状は把握困難) 		
留意事項	<ul style="list-style-type: none"> ・移動手段が陸上走行機械であるため、調査箇所までの走行路の確保が必要 ・走行機械が入れない場合は、別途投入手段が必要 ・点検予定箇所に障害物がないか簡易魚探等を用いた事前確認が必要 		
期待される改良・開発事項	<p>【移動手段の改良】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・路面状況の制約を受けにくい走破性の高い運搬手段の選定、改良 <p>【事前調査の簡略化】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・点検の前に必要な簡易魚探による障害物の調査の簡略化 		
参考: 今回の現場検証における応募要件・項目についての判定結果(今回の検証現場の諸条件下での結果)			
検証項目		判定	備考
基本要件①	濁水中でも、画像、照明技術、レーザー、音響等を使用して状態把握が可能。	◎	
基本要件②	従来の方法(潜水士による点検等)に比べ、費用対効果の面で優位となる。	◎	
基本要件③	濁度、水流、流木の存在等の現場条件は、現場検証場所での検証時期のものを想定。	○	
基本要件④	対象とする技術・システムは、水中の点検対象物に近接する方法だけでなく、水面付近や水際の陸上部等からの計測による方法も含む。	○	陸上部から
基本要件⑤	技術・システム自体の機能または点検対象物等の目印を用いて対象の位置を把握する精度は、概ね10センチメートル以内。	◎	
基本要件⑥	風水害等に伴う増水や濁水のない平常時の状態(とくに流速)に対応できる。	○	
期待項目⑦	水深20m以上の点検対象物まで対応可能。	○	水深50m(実績)
期待項目⑧	点検データを継続的に保管し、履歴管理を行い、経年変化が比較できる。	○	
期待項目⑩	現場への搬入、設置及び撤去が容易。	◎	人力で可
期待項目⑪	他の多くの現場において効果を発揮できる。(汎用性)	○	流速0.7m/sまで検証
期待項目⑬	点検の障害物(流木、砂礫、ゴミ等)の回避あるいは除去が可能。	○	除去は不可
期待項目⑰	洪水や洪水直後などのより速い流れや濁水環境においても点検できる。	○	

次世代社会インフラ用ロボット開発・導入促進事業

現場検証 評価結果	実用検証
------------------	-------------

次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会 水中維持管理部会

○技術名称	自動航行ロボットを用いた河床の洗掘把握と河川護岸の概査システム															
○応募者	朝日航洋株式会社															
○共同開発者	パナソニック株式会社, 国立研究開発法人国立環境研究所															
○技術概要	<p>本システムは、自動航行機能および点検対象物への正対制御機能を有するボートに、音響測深機(マルチビームソナー)およびビデオカメラ(陸上、水中)を搭載し、河床の洗掘把握と河川護岸の概査を効率的に行う技術である。</p> <p>音響測深機で取得した3次元地形モデルとビデオカメラで撮影した画像に鮮明化・モザイク処理を施した画像を組み合わせた「3次元展開図」を作成することにより、面的な性状把握と経年比較を可能にする。</p>	<p>(外観・イメージ)</p> 														
○対象分野	水中維持管理 河川															
○技術構成	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; text-align:center;"> <tr> <td style="width:20%;">移動機構</td> <td style="width:30%;">ボート</td> <td style="width:50%;">最大速度2.5m/s</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">情報取得機器</td> <td>音響センサー等</td> <td>ワイドバンドマルチビームソナー Sonic2024</td> </tr> <tr> <td>ビデオカメラ</td> <td>HDカメラ 220万画素</td> </tr> <tr> <td>データ処理</td> <td>3Dデータ、画像の加工</td> <td>3D測量図、段彩図、画像鮮明化、モザイク図</td> </tr> <tr> <td>その他</td> <td>測位技術</td> <td>D-GNSS</td> </tr> </table>		移動機構	ボート	最大速度2.5m/s	情報取得機器	音響センサー等	ワイドバンドマルチビームソナー Sonic2024	ビデオカメラ	HDカメラ 220万画素	データ処理	3Dデータ、画像の加工	3D測量図、段彩図、画像鮮明化、モザイク図	その他	測位技術	D-GNSS
移動機構	ボート	最大速度2.5m/s														
情報取得機器	音響センサー等	ワイドバンドマルチビームソナー Sonic2024														
	ビデオカメラ	HDカメラ 220万画素														
データ処理	3Dデータ、画像の加工	3D測量図、段彩図、画像鮮明化、モザイク図														
その他	測位技術	D-GNSS														
○問合せ先	朝日航洋株式会社 東京空情支社 営業一部 公共グループ 杉山 怜 Tel: 03-3988-1013 E-Mail: ryou-sugiyama@aeroasahi.co.jp URL: https://www.aeroasahi.co.jp															
●検証項目	[3] (詳細内容は、本書p.2に記載)															
●検証場所	国土交通省信濃川河川事務所 妙見堰(新潟県長岡市)															
●検証内容	<p>堰上流側の水域において、①堰柱周辺水面下のコンクリート構造物の調査、②一部に護床ブロックの設置された河床の深浅測量、③河川護岸(コンクリート擁壁および矢板護岸)の変状調査を実施した。取得できた点検情報の精度、記録の妥当性、作業の効率性、汎用性および安全性について検証を実施した。</p> <p>【検証実施日】 平成27年10月22日(点検作業) 10月28日(委員検証)</p>	 <p style="text-align:center;">擁壁調査状況</p>  <p style="text-align:center;">【取得データ例】矢板護岸の3D鳥瞰図</p>														

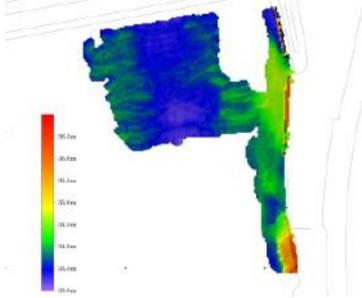
○技術名称	自動航行ロボットを用いた河床の洗掘把握と河川護岸の概査システム		
●評価結果(河床)			
検証項目	[3]河床の「洗掘等」について、災害査定等に用いることができる程度の精度で、幅・長さ・奥行等といった洗掘の全体像が効率的に把握できる技術・システム。		
総合評価	<p>自動航行機能を有する無人ボートに搭載した音響測深機(ワイドバンドマルチビームソナー)により、河床の洗掘状況および護床ブロックの設置状況を3次元地形データから面的に把握できることを確認した。一定の点検支援効果が確認されたため、「試行的導入」を推薦する。</p> <p>【検証結果】 基本要件6項目をすべて満足した。 ○ワイドバンドマルチビームソナーにより、濁度に拘わらず、河床の状況を広範囲かつ面的に把握できることが確認された。 ○従来のスワス深淺測量に比べ、費用面で優位となる可能性が確認された。 ○河床における変状の位置把握精度は概ね1m以内であった。0.1mピッチの測深結果では護床ブロックの凹凸についても正確に把握できることが確認され、洗掘範囲の把握に必要な十分な精度を有する。 ○検証時の流速は0.5m/s以下であった。</p>		
「試行的導入」を推薦する。			★★★
期待される活用場面	<ul style="list-style-type: none"> ・河床の洗掘状況(幅、長さ、深さ等)や土砂堆積状況等の面的な把握での活用 ・橋脚基礎部周辺の局所的な洗掘等、変状の有無や洗掘規模(幅、深さ、奥行等)の把握での活用 ・流速1m/s以下の条件下で適用可(申告値) 		
留意事項	<ul style="list-style-type: none"> ・バッテリー交換の際は、クレーン(2t吊り)による船体の陸揚げが必要 		
期待される改良・開発事項	<p>【自動航行技術の確立】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・自動航行技術の確立による河床点検の効率化 <p>【設置・撤去の効率化】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・進水・陸揚げツールを改良による設置、撤去の省力化と効率化 		
参考: 今回の現場検証における応募要件・項目についての判定結果(今回の検証現場の諸条件下での結果)			
検証項目		判定	備考
基本要件①	濁水中でも、画像、照明技術、レーザー、音響等を使用して状態把握が可能。	◎	
基本要件②	従来の方法(潜水士による点検等)に比べ、費用対効果の面で優位となる。	○	
基本要件③	濁度、水流、流木の存在等の現場条件は、現場検証場所での検証時期のものを想定。	○	
基本要件④	対象とする技術・システムは、水中の点検対象物に近接する方法だけでなく、水面付近や水際の陸上部等からの計測による方法も含む。	○	
基本要件⑤	技術・システム自体の機能または点検対象物等の目印を用いて対象の位置を把握する精度は、概ね1メートル以内。	◎	
基本要件⑥	風水害等に伴う増水や濁水のない平常時の状態(とくに流速)に対応できる。	○	
期待項目⑦	水深20m以上の点検対象物まで対応可能。	◎	水平方向に21m計測
期待項目⑧	点検データを継続的に保管し、履歴管理を行い、経年変化が比較できる。	○	
期待項目⑨	点検に際し、自動航行または自律制御が可能。	○	
期待項目⑩	他の多くの現場において効果を発揮できる。(汎用性)	○	流速0.5m/sまで検証
期待項目⑬	点検の障害物(流木、砂礫、ゴミ等)の回避あるいは除去が可能。	○	除去は不可
期待項目⑯	洗掘の広さ及び深さが確認でき、その全体状況を分かりやすく表示できる。	◎	段彩図により確認可能
期待項目⑰	洪水や洪水直後などのより速い流れや濁水環境においても点検できる。	○	
期待項目⑱	洗掘の全体状況の把握のため、視覚的に分かりやすく表示できる。	◎	段彩図により可能

○技術名称		自動航行ロボットを用いた河床の洗掘把握と河川護岸の概査システム	
●評価結果(護岸)			
検証項目	[3]河川護岸において、「コンクリート部の損傷、うき・剥離・剥落、豆板や、コールドジョイント部のうき・剥離・剥落、鋼矢板部の劣化・損傷状況等」について、潜水士による近接目視の代替(精査)または支援(概査)ができる技術・システム		
総合評価	<p>自動航行機能を有する無人ボートに搭載した音響測深機(ワイドバンドマルチビームソナー)とビデオカメラにより、河川護岸、擁壁等構造物の形状を3次元形状データおよび画像から把握できることを確認した。一定の点検支援効果が確認されたため、「試行的導入」を推薦する。</p> <p>【検証結果】 基本要件6項目をすべて満足した。 ○ワイドバンドマルチビームソナーにより、濁度に拘わらず、護岸のコンクリート構造物等の形状を広範囲かつ面的に把握できることが確認された。 ○潜水士による調査に比べ、費用面で優位となる可能性が確認された。 ○水中の点検対象物の位置把握精度は概ね30cm程度の精度で把握できることが確認された。 ○検証時の流速は0.5m/s以下であった。</p>		
「試行的導入」を推薦する。			★★
期待される活用場面	<ul style="list-style-type: none"> ・河川護岸基礎部の流失や橋脚基礎部周辺の洗掘等について、その有無や洗掘の状況(幅、深さ、奥行き等)の調査における活用 ・流速1m/s以下の条件下で適用可 		
留意事項	<ul style="list-style-type: none"> ・マルチビームソナーによるコンクリート構造物の広域調査では、クラック等の細かい変状の把握は不可 ・光学カメラによる護岸点検においては、撮影可能水深は1.5m程度 ・バッテリー交換の際は、クレーン(2t吊り)による船体の陸揚げが必要 		
期待される改良・開発事項(課題)	<ul style="list-style-type: none"> 【正対制御技術の確立】 ・護岸等構造物の点検を効率化するための点検対象物への正対制御技術の確立 【設置・撤去の効率化】 ・進水・陸揚げツールの改良による設置、撤去の効率化 【撮影可能水深の拡大】 ・光学カメラによる撮影可能範囲(水深)の拡大 		
参考: 今回の現場検証における応募要件・項目についての判定結果(今回の検証現場の諸条件下での結果)			
検証項目		判定	備考
基本要件①	濁水中でも、画像、照明技術、レーザー、音響等を使用して状態把握が可能。	◎	
基本要件②	従来の方法(潜水士による点検等)に比べ、費用対効果の面で優位となる。	○	
基本要件③	濁度、水流、流木の存在等の現場条件は、現場検証場所での検証時期のものを想定。	○	
基本要件④	対象とする技術・システムは、水中の点検対象物に近接する方法だけでなく、水面付近や水際の陸上部等からの計測による方法も含む。	○	
基本要件⑤	技術・システム自体の機能または点検対象物等の目印を用いて対象の位置を把握する精度は、概ね10センチメートル以内。	○	
基本要件⑥	風水害等に伴う増水や濁水のない平常時の状態(とくに流速)に対応できる。	○	
期待項目⑦	水深20m以上の点検対象物まで対応可能。	◎	水平方向に21m計測
期待項目⑧	点検データを継続的に保管し、履歴管理を行い、経年変化が比較できる。	○	
期待項目⑨	点検に際し、自動航行または自律制御が可能。	○	
期待項目⑪	他の多くの現場において効果を発揮できる。(汎用性)	○	流速0.5m/sまで検証
期待項目⑬	点検の障害物(流木、砂礫、ゴミ等)の回避あるいは除去が可能。	○	除去は不可
期待項目⑭	コンクリート構造物表面の劣化状況等が面的に確認できる。	○	
期待項目⑰	洪水や洪水直後などのより速い流れや濁水環境においても点検できる。	○	

次世代社会インフラ用ロボット開発・導入促進事業

現場検証 評価結果	実用検証
------------------	-------------

次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会 水中維持管理部会

○技術名称	河川点検ロボットシステム															
○応募者	株式会社アーク・ジオ・サポート															
○共同開発者	東京大学生産技術研究所															
○技術概要	<p>自動航行可能な無人ボートに取り付けたインターフェレトリー式音響測深機(3Dサイドスキャンソナー)により3次元地形を計測し、河床の洗掘等の状態把握を広範囲に行うとともに、水中カメラにより河川護岸、擁壁等構造物の画像を取得し、変状を把握するシステムである。</p> <p>また、高精度の位置情報を取得できるVRS-GNSSと光ジャイロによる方位・動揺センサーを装備し、自動航行と無線操縦の切り替えが可能で、状況に合わせた効率の良いデータ取得が可能である。</p>	<p>(外観・イメージ)</p> 														
○対象分野	水中維持管理 河川															
○技術構成	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">移動機構</td> <td style="text-align: center;">ボート</td> <td style="text-align: center;">最大速度2m/s</td> </tr> <tr> <td rowspan="2" style="text-align: center;">情報取得機器</td> <td style="text-align: center;">音響センサー等</td> <td style="text-align: center;">インターフェレトリー式音響測深器</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">ビデオカメラ</td> <td style="text-align: center;">4Kカメラ、1200万画素</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">データ処理</td> <td style="text-align: center;">3Dデータ、画像の加工</td> <td style="text-align: center;">段彩図、断面図、モザイク図</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">その他</td> <td style="text-align: center;">測位技術</td> <td style="text-align: center;">VRS-GNSS</td> </tr> </table>		移動機構	ボート	最大速度2m/s	情報取得機器	音響センサー等	インターフェレトリー式音響測深器	ビデオカメラ	4Kカメラ、1200万画素	データ処理	3Dデータ、画像の加工	段彩図、断面図、モザイク図	その他	測位技術	VRS-GNSS
移動機構	ボート	最大速度2m/s														
情報取得機器	音響センサー等	インターフェレトリー式音響測深器														
	ビデオカメラ	4Kカメラ、1200万画素														
データ処理	3Dデータ、画像の加工	段彩図、断面図、モザイク図														
その他	測位技術	VRS-GNSS														
○問合せ先	株式会社アーク・ジオ・サポート 技術部 技術開発グループ グループ長 村越誠 Tel: 03-5304-7899 E-Mail: murakoshi@a-gsjp URL: http://www.a-gsjp															
●検証項目	[3] (詳細内容は、本書p.2に記載)															
●検証場所	国土交通省信濃川河川事務所 妙見堰(新潟県長岡市)															
●検証内容	<p>堰上流側の水域において、①堰柱周辺水面下のコンクリート構造物の調査、②一部に護床ブロックの設置された河床の深浅測量、③河川護岸(コンクリート擁壁および矢板護岸)の変状調査を実施した。取得できた点検情報の精度、記録の妥当性、作業の効率性、汎用性および安全性について検証を実施した。</p> <p>【検証実施日】 平成27年11月 2日(点検作業) 10月28日(委員検証)</p>	 <p style="text-align: center;">擁壁調査状況</p>  <p style="text-align: center;">【取得データ例】河床段彩図</p>														

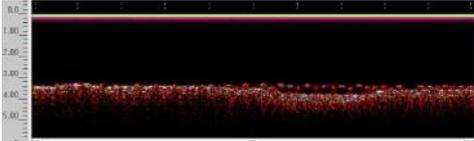
○技術名称	河川点検ロボットシステム		
●評価結果(河床)			
検証項目	[3]河床の「洗掘等」について、災害査定等に用いることができる程度の精度で、幅・長さ・奥行等といった洗掘の全体像が効率的に把握できる技術・システム		
総合評価	<p>音響測深機(3Dサイドスキャンソナー)を搭載した無人ボートの遠隔操作により、河床の洗掘等の状態把握を広範囲に行うことができることを確認した。一定の点検支援効果が確認されたため、「試行的導入」を推薦する。</p> <p>【検証結果】 基本要件6項目をすべて満足した。 ○3Dサイドスキャンソナーにより、濁度に拘わらず、河床の状況把握が可能であることが確認された。 ○従来のスワス深淺測量に比べ、費用面で優位になる可能性が確認できた。 ○河床における変状の位置把握精度は概ね2m以内の精度で把握できることが確認された。 ○検証時の流速は0.4m/s以下であった。 ○検証開始の前に、流速の大きい場所で制御不能に陥る場面があった。</p>		
「試行的導入」を推薦する。			★★
期待される活用場面	<ul style="list-style-type: none"> ・河床の洗掘状況(幅、長さ、深さ等)や土砂堆積状況等の面的な把握での活用 ・流速0.9m/s以下の条件下で適用可(申告値) 		
留意事項	<ul style="list-style-type: none"> ・船体後部に張り出しフロートを付けている場合、接岸すると、離岸する方向への操舵が困難になる可能性あり 		
期待される改良・開発事項	<p>【操舵性の改善】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・船体構造を含めたボートの操舵性の改善 <p>【自動航行機能の実現】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・深淺測量の効率化を図るための自動航行機能の実現 		
参考: 今回の現場検証における応募要件・項目についての判定結果(今回の検証現場の諸条件下での結果)			
検 証 項 目		判 定	備 考
基本要件①	濁水中でも、画像、照明技術、レーザー、音響等を使用して状態把握が可能。	◎	
基本要件②	従来の方法(潜水土による点検等)に比べ、費用対効果の面で優位となる。	◎	
基本要件③	濁度、水流、流木の存在等の現場条件は、現場検証場所での検証時期のものを想定。	○	
基本要件④	対象とする技術・システムは、水中の点検対象物に近接する方法だけでなく、水面付近や水際の陸上部等からの計測による方法も含む。	○	
基本要件⑤	技術・システム自体の機能または点検対象物等の目印を用いて対象の位置を把握する精度は、概ね1メートル以内。	○	
基本要件⑥	風水害等に伴う増水や濁水のない平常時の状態(とくに流速)に対応できる。	○	
期待項目⑧	点検データを継続的に保管し、履歴管理を行い、経年変化が比較できる。	○	
期待項目⑪	他の多くの現場において効果を発揮できる。(汎用性)	○	流速0.4m/sまで検証
期待項目⑬	点検の障害物(流木、砂礫、ゴミ等)の回避あるいは除去が可能。	○	除去は不可
期待項目⑯	洗掘の広さ及び深さが確認でき、その全体状況を分かりやすく表示できる。	○	段彩図で確認可
期待項目⑰	洪水中や洪水直後などのより速い流れや濁水環境においても点検できる。	○	
期待項目⑱	洗掘の全体状況の把握のため、視覚的に分かりやすく表示できる。	◎	段彩図で確認可

○技術名称	河川点検ロボットシステム		
●評価結果(護岸)			
検証項目	[3]河川護岸において、「コンクリート部の損傷、うき・剥離・剥落、豆板や、コールドジョイント部のうき・剥離・剥落、鋼矢板部の劣化・損傷状況等」について、潜水士による近接目視の代替(精査)または支援(概査)ができる技術・システム		
総合評価	<p>今回の検証では、基本要件を全て満足することが確認できなかった。検証では、ボートに取り付けたビデオカメラにより、河川護岸、擁壁等構造物の画像を取得し、モザイク画の作成が可能であることを確認した。活用に向けて今後の技術開発を期待する。</p> <p>【検証結果】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○擁壁、護岸を撮影し、モザイク画を作成したが、鮮明度が低く、状態把握は困難であった。 ○船の自己位置は把握できているが、点検対象物との位置関係が把握できなかった。 ○検証時の流速は0.4m/s以下であった。 ○検証開始の前に、流速の大きい場所で制御不能に陥る場面があった。 		
活用に向けて今後の技術開発を期待する。			—
期待される技術開発事項	<p>今回の現場検証の結果、活用に向けて「基本的要件①」および「基本的要件⑤」への対応が期待される。</p> <p>【画像鮮明化技術の実現】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・護岸の変状を把握するための画像鮮明化技術の実現 【点検対象物の位置特定技術の確立】 ・自己位置から点検対象物の位置を特定する方法の確立 <p>さらに以下の技術開発が期待される。</p> <p>【操舵性の改善】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・船体構造を含めたボートの操舵性の改善 		
参考: 今回の現場検証における応募要件・項目についての判定結果(今回の検証現場の諸条件下での結果)			
検証項目		判定	備考
基本要件①	濁水中でも、画像、照明技術、レーザー、音響等を使用して状態把握が可能。	△	
基本要件②	従来の方法(潜水士による点検等)に比べ、費用対効果の面で優位となる。	◎	
基本要件③	濁度、水流、流木の存在等の現場条件は、現場検証場所での検証時期のものを想定。	○	
基本要件④	対象とする技術・システムは、水中の点検対象物に近接する方法だけでなく、水面付近や水際の陸上部等からの計測による方法も含む。	○	
基本要件⑤	技術・システム自体の機能または点検対象物等の目印を用いて対象の位置を把握する精度は、概ね10センチメートル以内。	×	
基本要件⑥	風水害等に伴う増水や濁水のない平常時の状態(とくに流速)に対応できる。	○	
期待項目⑧	点検データを継続的に保管し、履歴管理を行い、経年変化が比較できる。	○	
期待項目⑪	他の多くの現場において効果を発揮できる。(汎用性)	○	流速0.4m/sまで検証
期待項目⑬	点検の障害物(流木、砂礫、ゴミ等)の回避あるいは除去が可能。	○	除去は不可
期待項目⑭	コンクリート構造物表面の劣化状況等が面的に確認できる。	○	
期待項目⑰	洪水や洪水直後などのより速い流れや濁水環境においても点検できる。	○	

次世代社会インフラ用ロボット開発・導入促進事業

現場検証 評価結果	実用検証
------------------	-------------

次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会 水中維持管理部会

○技術名称	自動航行水上電磁波レーダー探査システム															
○応募者	みらい建設工業株式会社															
○共同開発者	朝日航洋株式会社, 株式会社メンテック, 株式会社アートンシビルテクノ, 株式会社シーラム															
○技術概要	<p>自動航行機能を持つ無人ボートに搭載した電磁波レーダーにより河床の洗掘等の状態把握を行う技術である。</p> <p>電磁波レーダー探査は水面上から洗掘状況や河床下堆積物を把握できる経済的な探査手法であり、高周波数帯域のパルス波を使用するため、分解能は音響（音波）探査等の他探査法と比較して高い。また、水中光学カメラによりコンクリート部等の劣化損傷を把握できる。</p> <p>なお、陸上から河川護岸の電磁波レーダー探査を行うことにより護岸下部のゆるみ、空洞等の把握が可能である。</p>	<p>(外観・イメージ)</p> 														
○対象分野	水中維持管理 河川															
○技術構成	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">移動機構</td> <td>ボート</td> <td>最大速度1.5m/s</td> </tr> <tr> <td rowspan="2" style="text-align: center;">情報取得機器</td> <td>電磁波レーダー</td> <td>SIR-3000</td> </tr> <tr> <td>ビデオカメラ</td> <td>HDカメラ、220万画素</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">データ処理</td> <td>3Dデータ、画像の加工</td> <td>レーダーチャート図、断面図</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">その他</td> <td>測位技術</td> <td>単独測位GNSS</td> </tr> </table>		移動機構	ボート	最大速度1.5m/s	情報取得機器	電磁波レーダー	SIR-3000	ビデオカメラ	HDカメラ、220万画素	データ処理	3Dデータ、画像の加工	レーダーチャート図、断面図	その他	測位技術	単独測位GNSS
移動機構	ボート	最大速度1.5m/s														
情報取得機器	電磁波レーダー	SIR-3000														
	ビデオカメラ	HDカメラ、220万画素														
データ処理	3Dデータ、画像の加工	レーダーチャート図、断面図														
その他	測位技術	単独測位GNSS														
○問合せ先	みらい建設工業株式会社 Tel: 03-6436-3719 E-Mail: tech@mirai-const.co.jp															
●検証項目	[3] (詳細内容は、本書p.2に記載)	 <p style="text-align: center;">擁壁調査状況</p>  <p style="text-align: center;">【取得データ例】河床深浅測量チャート</p>														
●検証場所	国土交通省信濃川河川事務所 妙見堰(新潟県長岡市)															
●検証内容	<p>堰上流側の水域において、①堰柱周辺水面下のコンクリート構造物の調査、②一部に護床ブロックの設置された河床の深浅測量、③河川護岸(コンクリート擁壁および矢板護岸)の変状調査を実施した。取得できた点検情報の精度、記録の妥当性、作業の効率性、汎用性および安全性について検証を実施した。</p> <p>【検証実施日】 平成27年10月23日(点検作業) 10月28日(委員検証)</p>															

○技術名称	自動航行水上電磁波レーダー探査システム		
●評価結果(河床)			
検証項目	[3]河床の「洗堀等」について、災害査定等に用いることができる程度の精度で、幅・長さ・奥行等といった洗堀の全体像が効率的に把握できる技術・システム		
総合評価	<p>今回の検証では、基本要件を全て満足することが確認できなかった。検証では、電磁波レーダーを取り付けた無人ボートを遠隔で操縦し、河床の深淺測量が可能であることを確認した。活用に向けて今後の技術開発を期待する。</p> <p>【検証結果】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○電磁波レーダーにより、河床の形状を航跡に沿って線的に探査を行ったが、面的な状態把握は困難であった。 ○自船の位置特定は単独測位式のGNSSで行ったが、10m程度の位置のズレが見られた。 ○検証時の流速は0.3m/s以下であった。 		
活用に向けて今後の技術開発を期待する。			—
期待される技術開発事項	<p>今回の現場検証の結果、活用に向けて「基本要件①」および「基本要件⑤」への対応が期待される。</p> <p>【面的な状態把握の実現】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・河床の洗堀状況等が面的に把握できるシステムへの改良 <p>【位置把握精度の向上】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・自己位置認識精度の向上(今回の検証の河床調査において10m程度の位置のズレを確認) 		
参考: 今回の現場検証における応募要件・項目についての判定結果(今回の検証現場の諸条件下での結果)			
検証項目		判定	備考
基本要件①	濁水中でも、画像、照明技術、レーザー、音響等を使用して状態把握が可能。	△	面的把握困難
基本要件②	従来の方法(潜水土による点検等)に比べ、費用対効果の面で優位となる。	○	
基本要件③	濁度、水流、流木の存在等の現場条件は、現場検証場所での検証時期のものを想定。	○	
基本要件④	対象とする技術・システムは、水中の点検対象物に近接する方法だけでなく、水面付近や水際の陸上部等からの計測による方法も含む。	○	
基本要件⑤	技術・システム自体の機能または点検対象物等の目印を用いて対象の位置を把握する精度は、概ね1メートル以内。	×	GNSS単独測位
基本要件⑥	風水害等に伴う増水や濁水のない平常時の状態(とくに流速)に対応できる。	○	
期待項目⑨	点検に際し、自動航行または自律制御が可能。	○	
期待項目⑬	点検の障害物(流木、砂礫、ゴミ等)の回避あるいは除去が可能。	○	除去は不可
期待項目⑰	洪水や洪水直後などのより速い流れや濁水環境においても点検できる。	○	

○技術名称	自動航行水上電磁波レーダー探査システム		
●評価結果(護岸)			
検証項目	[3]河川護岸において、「コンクリート部の損傷、うき・剥離・剥落、豆板や、コールドジョイント部のうき・剥離・剥落、鋼矢板部の劣化・損傷状況等」について、潜水土による近接目視の代替(精査)または支援(概査)ができる技術・システム		
総合評価	<p>今回の検証では、基本要件を全て満足することが確認できなかった。検証では、電磁波レーダーと水中光学カメラを取り付けた無人ボートを遠隔で操縦し、河川護岸、擁壁等構造物の形状測定、画像の取得が可能であることを確認した。活用に向けて今後の技術開発を期待する。</p> <p>【検証結果】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○電磁波レーダーにより、濁度に拘わらず形状を測定することは可能であるが、形状測定結果は線的であり、全体形状を面的に把握することは困難であった。 ○光学カメラの画像は鮮明度が不足しており、状態把握は困難であった。 ○自己位置および点検対象物の位置特定は明確でなかった。 ○検証時の流速は0.3m/s以下であった。 		
活用に向けて今後の技術開発を期待する。			—
期待される技術開発事項	<p>今回の現場検証の結果、活用に向けて「基本要件①」および「基本要件⑤」への対応が期待される。</p> <p>【探査方式の改良】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・調査対象物の面的把握を可能とする探査方式の改良 <p>【画像処理技術の開発】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・画像鮮明化技術やモザイク画作成技術の開発 <p>【位置把握精度の向上】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・自己位置および点検対象物の位置の把握精度の向上 <p>【撮影可能範囲の拡大】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・光学カメラの撮影可能水深の拡大 		
参考: 今回の現場検証における応募要件・項目についての判定結果(今回の検証現場の諸条件下での結果)			
検証項目		判定	備考
基本要件①	濁水中でも、画像、照明技術、レーザー、音響等を使用して状態把握が可能。	△	面的把握困難
基本要件②	従来の方法(潜水土による点検等)に比べ、費用対効果の面で優位となる。	○	
基本要件③	濁度、水流、流木の存在等の現場条件は、現場検証場所での検証時期のものを想定。	○	
基本要件④	対象とする技術・システムは、水中の点検対象物に近接する方法だけでなく、水面付近や水際の陸上部等からの計測による方法も含む。	○	
基本要件⑤	技術・システム自体の機能または点検対象物等の目印を用いて対象の位置を把握する精度は、概ね10センチメートル以内。	×	GNSS単独測位
基本要件⑥	風水害等に伴う増水や濁水のない平常時の状態(とくに流速)に対応できる。	○	
期待項目⑨	点検に際し、自動航行または自律制御が可能。	○	
期待項目⑬	点検の障害物(流木、砂礫、ゴミ等)の回避あるいは除去が可能。	○	除去は不可
期待項目⑰	洪水中や洪水直後などのより速い流れや濁水環境においても点検できる。	○	

6. 今後の展開（インフラ用ロボット情報一元化システム）

政府の取組としてのS I P（戦略的イノベーション創造プログラム）の一環として、「インフラ用ロボット情報一元化システムの構築」を進めており、本現場検証・評価結果については、当該システムに組み入れて、様々な現場での有効活用や更なる技術開発を図ることとしている。

当該システムにおいては、ロボット技術に係る「技術情報、評価情報、配備情報等の関連情報」を、画像・動画、マップ、検索機能等を利用して情報発信を行う『ポータルサイト』を構築・充実するとともに、ロボット技術に係る「開発者、利用者、所有者、施設管理者、有識者等の各方面の関係者」による『各種コミュニティ』の形成を図り、ロボットの有効活用、効果的な開発を促進することとしている。

社会インフラ用ロボット情報一元化システムについて



「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」 の研究開発課題のひとつ

国土交通省直執行(総合政策局公共事業企画調整課)

業務実施機関(平成26, 27年度)
一般財団法人 先端建設技術センター
株式会社 野村総合研究所

平成26～30年度の5カ年計画(現在2年目)

スケジュール(中間目標・最終目標)

<中間目標>

平成26年度

情報一元化システムの基本構想

(達成した事項)
システムの基本構想の検討、簡易システムの構築

平成27年度

情報一元化システムの基本設計

(達成すべき事項)
想定される実現性、有効性、持続可能性

平成28年度

情報一元化システム(ベータ版)

(達成すべき事項)
システム(ベータ版)の利便性、有効性、持続可能性

<最終目標>

平成30年度

情報一元化システムの運用開始

(達成すべき事項)
システム(完成版)の利便性、有効性、持続可能性

「社会インフラ用ロボット情報一元化システム」とは？

社会インフラの維持管理及び災害対応に役立つ
ロボット・ロボット技術に関連する情報を一元化

【コンテンツの例】

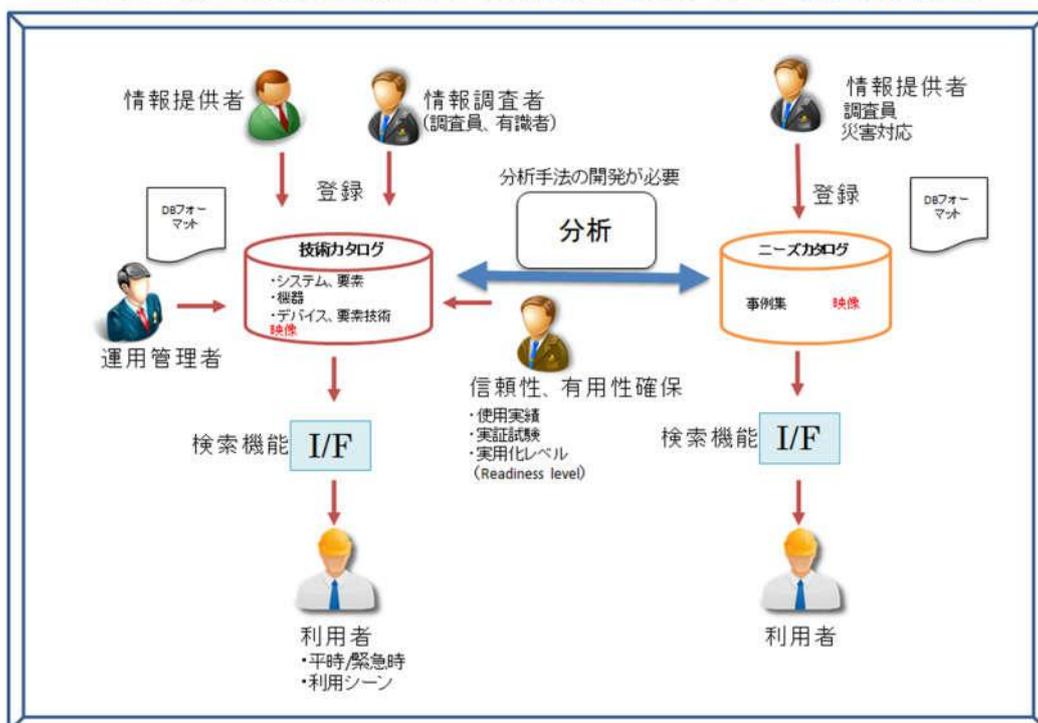
ロボットやロボット技術に関する技術情報
現場実証・評価・訓練に関する情報
ロボットの配備・保有状況
実際の災害事例 等



ロボットの利用者・開発者等が一元化した情報を
有効に活用できる仕組み

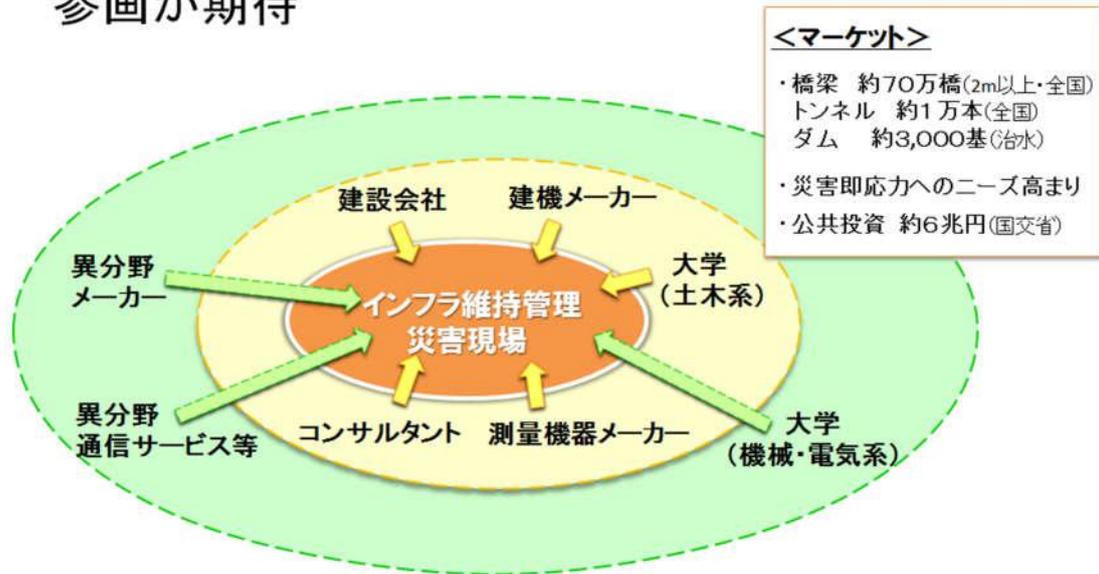
データベースの構築・運用にあたっての考え方

2013年度 産業競争力懇談会「災害対応ロボットセンター設立構想」より



幅広い分野の情報を一元化

- ロボットは異分野技術のインテグレーション
- 「社会インフラ用ロボット」に幅広いプレイヤーの参画が期待



プレイヤーの位置付け

- 1 ロボット・ロボット技術の開発 (シーズ側開発者向け)**
 主たるユーザー：ロボット技術開発者（関連技術メーカー、大学・研究機関・高等専門学校等）
 ロボット製造者（完成品メーカー）
- 2 ロボット・ロボット技術による課題解決 (ニーズ側開発者向け)**
 主たるユーザー：ロボット利用者・保有者
- 3 ロボットの調達 (災害発生時の緊急対応含む)**
 主たるユーザー：ロボット利用者

幅広い利用場面を想定

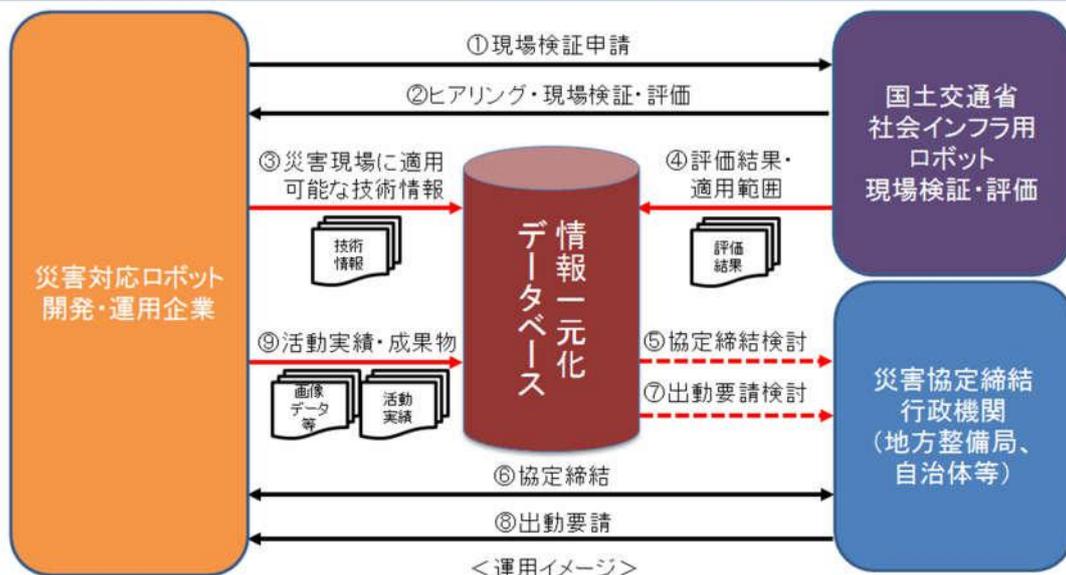
■想定される利用場面

	維持管理ロボット	災害対応ロボット
平時	技術開発 利用検討 平時利用	技術開発 利用検討
災害時	有事利用	有事利用

- 「潜在」ニーズをつかまえるというニーズも
→ニーズとシーズの関連付け(アナライズ)

災害対応ロボット情報一元化システムの先行導入

- 災害対応ロボットの現場検証・評価から運用までの情報を一元化
- 類似技術の多さ、運用実績、実用性の観点からUAV(ドローン)の技術情報を整理
- 現場検証での評価結果や活動実績・成果物を参考に、関係行政機関が災害協定を締結
- 現場条件に適した災害対応ロボットの迅速な選定・出動要請を支援



簡易データベース(Ver.1)「現場検証技術DB」

<http://www.c-robotech.info/>

次世代社会インフラ用ロボット技術・ロボットシステム
～現場実証ポータルサイト～

ホーム 現場検証技術DB 現場検証委員会 ニュースリリース お問い合わせ 見学お申込み リンク集 運営

現場検証技術DB

	現場検証数			評価数					
	技術	検証項目	数	①実用検証技術		②事業検証技術			
全体				技術	検証項目	数	技術	検証項目	数
橋梁維持管理部会	17	33	17	12	25	38	5	8	5
トンネル維持管理部会	8	12	8	2	2	2	6	10	6
水中維持管理部会	14	15	14	6	6	6	8	9	8
災害調査部会	19	22	19	13	13	13	8	9	8
応急復旧部会	7	9	6	6	7	5	1	2	1

①実用検証技術
現段階で実現場での利用可能性があると判断される技術であり、実際の使用を想定した現場検証を実施した技術。

②事業検証技術
【橋梁維持管理部会】

平成26年度 現場検証の「評価結果」について
[橋梁維持管理部会](#)
[トンネル維持管理部会](#)
[水中維持管理部会](#)
[災害調査部会](#)

簡易データベース(Ver.2)

社会インフラ用ロボット
情報一元化システム

検索

閉じる

条件検索 **地図検索**

技術検証分野:

移動機構:

現場検証評価書: 有り 無し

災害協定: 有り 無し

航続時間:

ペイロード:

撮影方法: カメラ レーザースキャナ

撮影成果: 3Dモデル 高精細画像 高空視点群 動画

information

2016 01 19
 「社会インフラ用ロボット情報一元化システム意見交換会」開催のお知らせ
 2016年2月10日(水) 16:00から検核部会会場で開催します。是非、ご参加ください。
[詳細はこちら](#) [お問い合わせはこちら](#)

参考資料 現場検証技術概要

目 次

No.	技 術 名 称	頁
[ダム]		
3	吊り下げ式水中ビデオカメラ及び小型ROVによる水中維持管理システム 株式会社 SeaChallenge	65
4	画像鮮明化技術を用いたダム維持管理ロボットシステム パナソニック株式会社	65
5	遠隔操作無人探査機による水中構造物診断システム 五洋建設株式会社	66
6	マルチビームソナーと水中3Dスキャナー搭載ROVによる維持管理点検技術 いであ株式会社	66
7	小型フレーム構造ROVを用いた水中維持管理技術 ニッスイマリン工業株式会社	67
8	アクアジャスターによる姿勢制御した水中構造物の健全性評価 株式会社大林組	67
9	テザー伸展操舵型の遠隔操作水中ロボットの開発 株式会社建設技術研究所	68
10	水中点検ロボットシステム アーク・ジオ・サポート	68
11	可変構成型水中調査用ロボット技術 株式会社キュー・アイ	69
[河川]		
1	3Dレーザースキャナーと水中3Dスキャナーによる維持管理点検技術 いであ株式会社	70
2	自動航行ロボットを用いた河床の洗掘把握と河川護岸の概査システム 朝日航洋株式会社	70
12	河川点検ロボットシステム 株式会社アーク・ジオ・サポート	71
13	自動航行水上電磁波レーダー探査システム みらい建設工業株式会社	71

吊り下げ式水中ビデオカメラ及び小型ROVによる水中維持管理システム

～水中部可視化技術の現場検証～

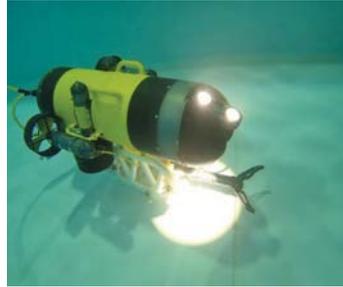
応募者：株式会社SeaChallenge

共同開発者：株式会社東京マリンサービス・日本潜水機株式会社・VVLAI

[概要]

小規模器材をユニット化し、各ダムの現場的制約等を踏まえ複合的に組み合わせ作業準備から撤収まで人力対応できるシステム。
従来潜水士で作業していた潜水目視調査及び非破壊検査等をロボットに代替し、潜水士の安全性の確保・維持管理業務の効率化及び低コスト化を実現する。

[写真・イメージ]



[特徴]

現場対応力&スピード化&潜水士負担軽減&低コスト化

- 準備から撤収まで人力対応
- 分割フロートによる機動性の高さ
- クリアサイトによる濁度大の水中環境映像化
- 現場の濁度大の水を浄水装置で浄化サイト用水作成可能
- 小型ROVによる非破壊検査(肉厚測定・ボルトの緩み調査)
- 吊り下げ式水中ビデオカメラによる調査のスピード化
- 大深度における水中調査(100mを想定)
- ROV防水脆弱性の解消予備ユニットにより現場修理対応

[前回からの改良点]

- コンセプトはそのままに新開発ROV及吊り下げ式水中ビデオカメラの導入
- 位置精度向上のための分割式ボート及び新技術VRS-RTXの導入

問い合わせ先： 株式会社SeaChallenge Tel:045-744-9481 Mail:sch-sensui@sea-challenge.com ホームページ：seachallenge.flips.jp

15WA1-0002-1 画像鮮明化技術を用いたダム維持管理ロボットシステム

～ダム維持管理ロボットシステムの現場検証～

応募者：パナソニック株式会社

[概要]

今後、社会インフラの老朽化が急速に進行する状況下、ロボット技術による効果・効率の向上が重要である。以下の水中ロボット、点検システムを開発し、ダム維持管理ロボットシステムの実現を目指している。

[写真・イメージ]

■ パナソニックの強みであるセンシング・イメージング技術 × ロボティクスでアシスト！

[特徴] 水中点検動画撮影のお困り事改善に貢献

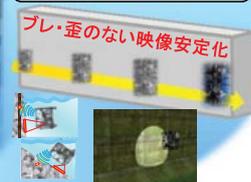
- **お困りごと: 水中は濁度が高く視認性が低い**
高濁度映像の視認性向上する**画像鮮明化技術**より、点検撮影動画から汚濁によるかすみ・浮遊物を除去
- **お困りごと: 水中は濁度が高く視認性が低い**
LED光源配置と水中屈折率に合わせ設計した**面均一照射レンズ技術**により、撮影カメラ画面全体を一樣輝度で均一化を実現し、点検解析に必要な映像ステッチング、点検箇所損傷抽出の精度向上を実現
- **お困りごと: 安定した映像が撮りにくい、再生時に揺れで酔う**
センサとスラスト制御で**自律姿勢制御技術**より、壁面勾配と正対した状態をキープしながら、安定した並行移動でブレ・歪のない安定した壁面の表面映像撮影をサポート
- **お困りごと: 撮影位置把握、俯瞰確認不可**
センサとスラスト情報により、**撮影位置を把握(自己位置センシング技術)**し、得られた画像情報をもとに**損傷自動抽出技術**より、点検箇所の損傷を抽出し、さらに**ステッチング技術**より、位置、サイズを定量的に2次元マップ化を行い、経年変化管理を可能とする

① 画像鮮明化技術
高濁度映像の視認



② 面均一照射レンズ技術
画面全体を一樣輝度で均一化

③ 自律姿勢制御技術
安定した並行移動



④ 損傷自動抽出、ステッチング技術
位置、サイズを定量的に2次元マップ化



[前回からの改良点] 水中ロボットの自己位置推定を行い、以前発見した損傷箇所に辿りつける。

問い合わせ先： パナソニック(株) AVCネットワークス社 事業開発センター 安藤 達泰 Tel: 06-6905-4162 Mail: ando.tatsuyasu@jp.panasonic.com

遠隔操作無人探査機による水中構造物診断システム

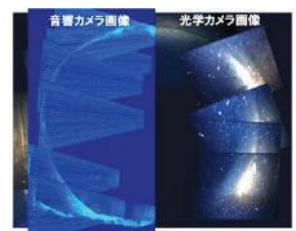
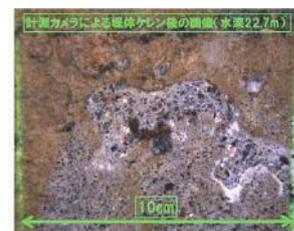
～ ROVを利用した水中調査ロボットによる大水深構造物の診断技術

～ 応募者: 五洋建設株式会社

[概要]

水中構造物診断システムは大水深構造物の健全性調査(概査および精査)・診断を行う技術である。水中調査ロボットは**水深150mまでの耐水圧性能**を有し、ボート上等からの**遠隔操作による無人潜航**、設定深度・方位での**スラスト制御による位置保持**および伸縮ロッドによる傾斜面等への位置保持、**光学カメラ・音響カメラによる画像取得**、調査個所の**清掃・肉厚計測・打音検査**が可能である。また、**計測データの保存・解析による健全性の診断**が可能である。

[写真・イメージ]



[特徴]

	特徴	内容
①	比較的高い可搬性	長さ80cm, 幅50cm, 高さ48cm
②	耐水圧性能	水深150m(潜水深度実績127m)
③	遠隔操作, 無人潜航	ケーブル長300m
④	位置保持	水中(設定深度・設定方位) 構造物面上(伸縮ロッド使用)
⑤	潜航位置把握	GNSSプイと水中音響測位利用
⑥	調査データ	リアルタイムデータ確認, 同期保存

	検査項目	機器
①	広域状態把握(低濁度時)	操縦用光学カメラ, LED照明
②	近接状態把握(クラック長さ・幅計測等)	計測用光学カメラ, LED照明 平行グリーンレーザー
③	状態把握(高濁度時)	音響カメラ
④	点検箇所清掃	清掃用ブラシ
⑤	打音検査	ハンマー, マイク
⑥	鋼材肉厚計測	超音波厚さ計

[前回からの改良点]

濁水中での鮮明画像の取得、ソナーによる障害物の把握、GNSSプイによる測位精度の向上

問い合わせ先: 五洋建設株式会社 技術研究所

Tel:0287-39-2100

マルチビームソナーと水中3Dスキャナー搭載ROVによる維持管理点検技術

～ 水中維持管理の現場検証

～ 応募者: いであ株式会社

[概要]

これまでの潜水士による水中構造物の目視点検は、水深が深く濁度の高い水域では、損傷状況を効率よく確認・計測し、経年変化を定量的に把握することが困難であった。

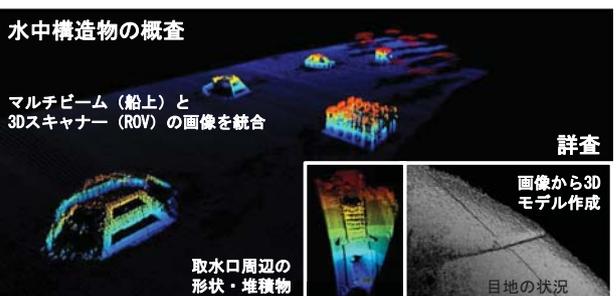
本技術では、船上からのマルチビームによる測量と、ROVに搭載した水中3Dスキャナー(BV5000)による水平方向からの測量結果を重ね合わせ、対象物の変状を効率よく概査する。

損傷が疑われる部分においては、ROV搭載のHDカメラ・デジタル一眼レフカメラにより近接撮影し、状況を詳査する。

[特徴]

- BV5000搭載ROVは**小型・軽量**のため、船上作業員4名+小型発電機で調査可能(**重機や潜水士が不要**)。
- 潜水士では作業のできない**水深100m以深でも長時間作業**が可能(最大200m)。
- マルチビームソナーとBV5000による音響測定は、**濁りの影響を受けことなく**、水中構造物、湖底地形を**短時間で広範囲を測定可能(概査)**
- ROVは、全周囲ソナーとBV5000による音響画像を船上でリアルタイムに確認できるため、カメラの画像が映らない**濁水中でも操作可能**。4つのスラスタにより、**0.5m/sec以下の流速で作業可能**。
- 成果品は**XYZ座標を持つ3D図**となるため、構造物の劣化・破損や塵芥の付着、洗掘・堆積の**経年変化を容易に把握**。
- **高画質のHDカメラ**による動画撮影
- 複数の**カメラ画像から詳細な3Dモデルを作成**。

[写真・イメージ]



概査・詳査の成果イメージ(XYZ座標を持つ点群で構成される3D画像)

問い合わせ先: いであ株式会社 国土環境研究所 環境調査部 技術開発室

Tel:045-593-7602 Mail:ftarou@ideacon.co.jp URL:http://ideacon.jp

小型フレーム構造ROVを用いた水中維持管理技術

～低コスト、軽量で機動性に優れたROVの現場検証～

概要

水深40m程度までを使用水深とし、ハイビジョンカメラ、LED照明、深度センサーや距離センサーなどの装備品を軽量フレーム構造に納め、三軸スラスタを搭載しスムーズな動作を可能としました。

低水温や視界が制限された環境でも迅速/容易に取り扱うことができます。

特長

視点	特長	効果
低コスト	<ul style="list-style-type: none"> ・ 用途/機能を限定し汎用品でシステム構成 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 材料費 数百万円
機動性	<ul style="list-style-type: none"> ・ シンプルなシステム構成 ① ROV本体 ② ケーブル ③ 基地局 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 1台の普通車に搭載可能 ・ 運用開始まで最短で約5分 (標準装備品の場合)
汎用性	<ul style="list-style-type: none"> ・ 可搬型発電機/家庭用電源で稼働 ・ メンテナンスが容易 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 容易に電源確保 ・ 電源供給の限り運航可
広い用途	<ul style="list-style-type: none"> ・ 必要に応じてセンサー類を脱着可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 水深測定 ・ 深度センサー/距離センサー/水中自位置観測機器他 ・ 堤体観察 ・ 距離センサー/深度センサー他
操縦性	<ul style="list-style-type: none"> ・ マイコン支援の手動制御 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 専門オペレータは不要

応募者: ニッスイマリン工業株式会社
共同開発者: 長崎大学、日本文理大学、北九州市立大学

写真



写真1. システム全体



写真2. 基地局のモニタ画面

問合せ先: ニッスイマリン工業(株) 長倉 Tel: 03-5733-7311 Mail: t-nagakura@nissui-marine.co.jp URL: http://www.nissui-marine.co.jp

アクアジャスターによる姿勢制御した水中構造物の健全性評価

～ 大水深における壁面撮影技術の現場検証 ～

応募者: 株式会社 大林組

概要

潜水士を利用して行っていた水中中部でのゲート設備や堤体の点検を、潜水士を利用することなく水上から行える技術である。さらに目視困難な領域でも点検を行える。

水平方向を任意に向けることが可能なアクアジャスターと、地上または船上から任意な場所に移動できるROVとの組み合わせることで、目視困難な水中にある構造物を広域で迅速に測定/点検することを可能とする。

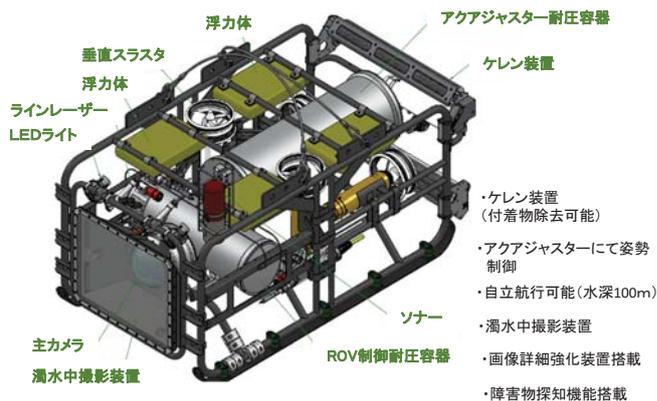
特徴

- ▶ 超音波を利用したソナー、高輝度LED、ハイビジョンカメラ、濁水中撮影装置、画像詳細強化装置などを搭載し、撮影が困難な夜間や、濁った水中でも撮影が可能である。
- ▶ 当社が開発したアクアジャスターをROVに搭載することで、水流による影響を受けることなく機械本体の姿勢制御を可能とすることで、より正確な撮影が可能である。
- ▶ 光ケーブルを採用することで、リアルタイムでの撮影状況をクリアな映像で確認することが可能である。
- ▶ 潜水士作業では困難な深度の海底においても調査が可能である。(深度100mまで対応)
- ▶ 地上に設置するトータルステーションとの連携で水中にいるROVの位置を割りだし、撮影箇所を正確な位置を把握することが可能である。
- ▶ ROV本体後方にケレン装置を搭載しているため、撮影する壁面が汚れていても清掃することが可能であり、よりクリアな撮影が可能である。

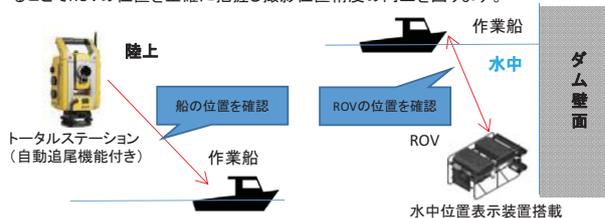
前回からの改良点

- ・ソナーにより、濁水中でもダムからの距離を認識
- ・ハイビジョンカメラ前面装置により、濁度によらず高画質の映像取得

ROVイメージ図



- ・ GPSが受信できない場所では、トータルステーションと水中位置表示装置を活用することでROVの位置を正確に把握し撮影位置精度の向上を図ります。



問い合わせ先: 株式会社大林組 土木本部 生産技術本部 設計第三部 浜地克也 Tel: 03-5769-1314 Mail: hamachi.katsuya@obayashi.co.jp

水中構造物の近接目視等を位置計測しつつ安定に実施可能なテザー伸展操舵型ROVの研究開発

～ダム水中構造物の調査・点検技術～

[概要]

本ROVは、高精度カメラの前方に透明板を設けた容器とスラスタにより構成している。点検では、堤体近傍に固定した操作船を用い、ダム堤体の横継目（15m間隔のスリット）に沿ってスラスタで押し付けながらテザーで降下し、映像を取得する。また、ブラシで清掃するなどして付着物を除去した構造物の状態把握を行うことにより、位置情報と合わせ精緻なデータ取得を実現する。

[特徴]

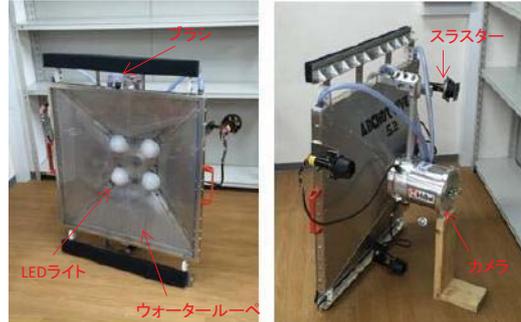
1. 潜水士では困難な水深100mまで調査可能
2. 濁水環境下でも透明水を充水したウォータールーペを用いることで目視把握が可能。
3. 高解像度カメラと画像処理技術により微細な変状を把握する。
4. 堤体表面清掃が可能なブラシを搭載
5. ボート上から操作するため、ダム上流面の形状、構造に関わらず対応可能
6. スラスタを用いた前後左右の移動および姿勢制御が可能

[前回からの改良点]

水深100m程度に対応可能なカメラ容器の耐圧性向上

応募者：株式会社建設技術研究所、

共同開発者：株式会社ハイボット、国立大学法人東京工業大学



水中点検ロボット アンカーダイバー-5.2本体写真



ダム上流面水中点検イメージ図

問い合わせ先：株式会社建設技術研究所 広報室 Tel:03-3668-0451 Mail: koho@ctie.co.jp

水中点検ロボットシステム

～堤体及び構造物の状態を確認できるシステム～

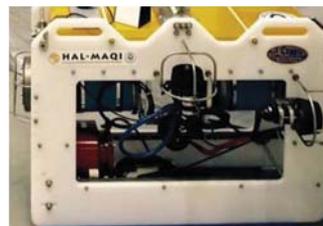
応募者：株式会社アーク・ジオ・サポート(AGS)

共同開発者：東京大学 生産技術研究所 巻研究室

[概要]

潜水士による近接目視の代替として、濁水中のナビゲーションを補助する水中音響機器を搭載するとともに、コンクリート等構造物の確認、点検を可能とする音響カメラを搭載したROVシステムである。

システムには相対的位置情報を把握するためのDVL及び障害物探査ソナーを搭載する。また高感度カメラで撮影した画像を用いたモザイク図の作成も可能である。



ROV (Remotely operated vehicle)

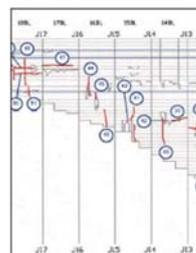


[特徴]

- 潜水士では困難な水深40m以深におけるダムの堤体や施設の画像撮影ができる。
- DVL等の音響ソナーにより周囲の状況を確認、濁水中でも移動が可能。
- 自動航行システムを開発中である。

[前回からの改良点]

- ・電源系統、データ通信システムを改良
- ・位置精度を向上させるために各種センサー類を搭載、アプリケーションソフトを開発中である。



損傷図(イメージ)



問い合わせ先：株式会社アーク・ジオ・サポート(AGS) Tel:03-5304-7899 Mail: info@a-gs.jp

可変構成型水中調査用ロボットの研究開発

～ 水中近接目視代替技術の現場検証 ～

[概要]

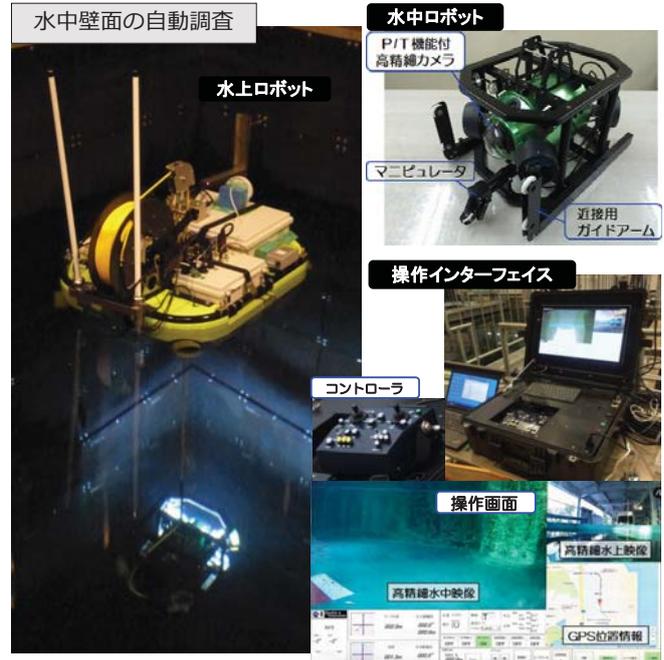
本システムは、調査ビークル(水上ロボット/水中ロボット)と操作インターフェースを基本構成とする可変構成型であり、各種アタッチメントを用いることで、ダムおよび河川の調査に柔軟に対応する。

ダム調査時は水上ロボットと水中ロボットをケーブルで接続した構成を基本形態とする(右記 イメージ参照)。河川調査時は水上ロボットの喫水部を河川用喫水部に交換し、音響イメージングソナーを装着した構成を基本形態とする。

[特徴]

- 本システムの**水中壁面自動調査機能**を使用することで、潜水士による調査と比較し、格段に**高効率な調査(概査)**を行う。
- 自動調査映像から一枚の**堤体広域マップ(概査)**を自動生成でき、**詳細調査箇所(精査)**の把握と**履歴管理**が可能。
- 水上機の位置は目視可能であり、GPS情報とダム堤頂等の環境との相対位置により、**正確な水平位置を把握**する。また水上機から巻出したケーブル長さをカウントすることで、**正確な水中撮影位置を記録**する。
- 水中ロボット搭載の**P/T機能付高精細カメラ**と**角度可変式配光照明**により、浮遊物の**写り込み・ハレーションを低減**した水中映像撮影を行う。**撮影映像の鮮明化**も可能。
- 水中ロボットに**マニピュレータ・回転ブラシ・近接用ガイドアーム**を装着し、**点検箇所の清掃・触診**を行う。
- 操作 I/F と調査ビークル間は**高速無線通信**。それぞれに電源を内蔵した**ケーブルレス**のため、**現場設置・ハンドリング**に優れる。

応募者: (株)キュー・アイ
共同開発者: (株)日立製作所 ディフェンスシステム社
(国研)産業技術総合研究所



問い合わせ先: 株式会社 キュー・アイ 担当窓口: 松原

Tel: 045-783-1035

Mail: matsubara@qi-inc.com

3Dレーザースキャナーと水中3Dスキャナーによる維持管理点検技術

～ 堆積・洗掘・護岸変状の概査と経年変化の把握 ～

応募者: いであ株式会社

[概要]

本技術は、河川・海岸の護岸部において、作業船や潜水士を使用せず効率的に洗掘、堆積、破損等の変状を概査する手法である。陸上では3Dレーザースキャナー(GLS2000)、水中部は3D音響スキャナー(BV5000)を使用して点検対象物を3D測量し、陸上と水中の測量結果(XYZ座標を持つ点群データ)を統合して、シームレスな3D点群データを取得する。

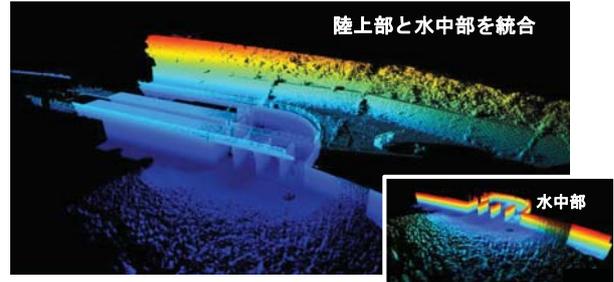
[特徴]

- ▶ 作業員4名、自走式運搬機、小型発電機で調査可能。機材は普通車サイズのバンで運搬し、**重機や潜水士、作業船が不要のため安価。**
- ▶ BV5000による音響測量は、**濁りの影響を受けることなく、水中構造物や底面の形状を測定可能(概査)**
- ▶ **自走式運搬機により、水中構造物を短時間で広範囲に測定可能**
- ▶ GLS2000による**陸上測量は、色(RBG)データも取得**
- ▶ 成果品は**XYZ座標を持つ3D図**となるため、構造物の劣化・破損や塵芥の付着、洗掘・堆積の**経年変化を容易に把握。**

[写真・イメージ]



自走式運搬機による水中中部測定イメージ



陸上部と水中部を統合
成果品イメージ(XYZ座標を持つ点群で構成される3D画像)

問い合わせ先: いであ株式会社 国土環境研究所 環境調査部 技術開発室 Tel: 045-593-7602 Mail: ftarou@ideacon.co.jp URL: http://ideacon.jp

自動航行ロボットを用いた河床の洗掘把握と河川護岸の概査システム

～ 河床と河川護岸の面的な性状把握と

応募者: 朝日航洋株式会社 共同開発者: パナソニック株式会社AVCネットワークス社 国立研究開発法人国立環境研究所

経年比較の現場検証～

[概要]

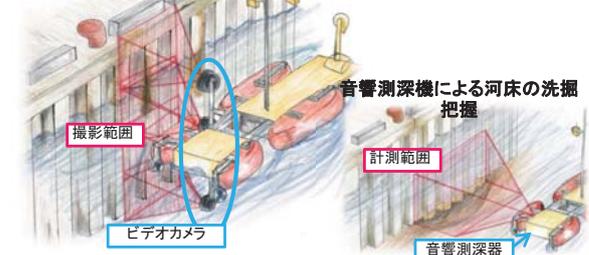
本システムは、自動航行及び点検対象物への正対制御ができる船体に、音響測深機・ビデオカメラ(陸上及び水中)を搭載し「河床の洗掘把握」と「河川護岸の概査」を効率的に行うシステムである。音響測深機から三次元地形モデルを取得し、ビデオカメラで撮影した画像には鮮明化・モザイク処理を施す。これらを組み合わせて「三次元展開図」を作成することで、従来よりも容易に面的な性状把握と経年比較を可能にする。

[特徴]

- ① **自動航行・正対制御可能な船体で、対象物の変状を効率的に取得できる**
 - ・ 船体は少人数での運搬・艀装が可能なコンパクトサイズ。操船も自動航行で容易。
- ② **陸上から河床までの全体状況を把握できる**
 - ・ 音響測深機で取得した三次元地形モデルを利用し深度別の段彩図等を作成。
 - ・ ビデオカメラで取得した画像は、画像鮮明化処理を施し濁度の影響を低減。画像はオルソ化・モザイク加工を実施。
- ③ **取得データを組み合わせた「三次元展開図」でスムーズな机上点検を可能にする**
 - ・ モザイク画像データと三次元地形モデルを組み合わせることで、陸上から河床までをシームレスに表現した三次元展開図を作成。
 - ・ 三次元展開図により、全体状況を視覚的に分かりやすく表示。
 - ・ 位置情報を保持している為、面的な性状を時系列ごとにデータ保管が可能。
 - ・ 時系列でのデータ保管が可能のため、河床の洗掘箇所は自動抽出、河川護岸は机上での経年比較が可能。
 - ・ 河川護岸のクラックや、河床洗掘の広さ・深さ・体積等の算出が可能。

[写真・イメージ]

ビデオカメラによる「河川護岸の概査」



画像鮮明化処理

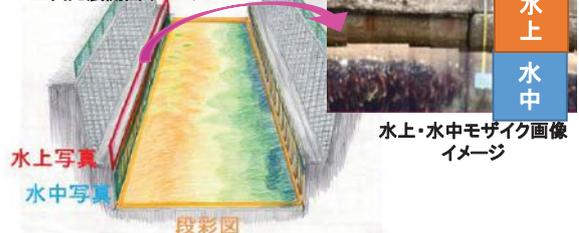
元画像



鮮明化処理後



三次元展開図イメージ



水上・水中モザイク画像イメージ

問い合わせ先: 朝日航洋株式会社 営業一部公共グループ 杉山 Tel: 03-3988-1013 Mail: ryou-sugiyama@aeroasahi.co.jp

河川点検ロボットシステム

～ 河床及び水中構造物の確認ができる技術 ～

応募者：株式会社アーキ・ジオ・サポート(AGS)
共同開発者：東京大学 生産技術研究所 巻研究室

[概要]

河床の「洗掘等」を3Dで効率的に把握できるインターフェロメトリ式音響測深機と、河川護岸の水中部と陸上部の概査を可能とする水中カメラを備えた自動航行式ボートである。このシステムには、高精度で位置情報の取得が可能なVRS-GNSSと光ジャイロによる方位・動揺センサーが装備される。自動航行と無線による操縦の切り替えが出来、状況に合わせた効率の良いデータ取得が可能である。



ASV (Autonomous Surface Vehicle); 自動航行式ボート



音響測深機およびASVの起動



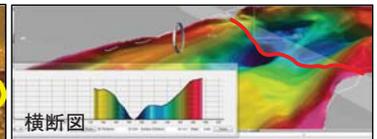
音響ソナー

[特徴]

- インターフェロメトリ式音響測深機の搭載により、**地形の点群データ、サイドスキャン画像**が取得できる。
- **濁水中でも河床の洗掘やブロックの確認**ができる。
- 潜水士が実施するよりも**容易に面的な点検**ができる。



サイドスキャン画像(河川護岸)



地形点群データ

[前回からの改良点]

自動航行と無線通信のシステムを構築、自動航行と陸上からの音響測深機のオペレーションが可能となった。

問い合わせ先：株式会社アーキ・ジオ・サポート(AGS) Tel: 03-5304-7899 Mail: info@a-gs.jp

自動航行水上電磁波レーダー探査システム

～河床掘削データの収集技術の現場検証

応募者：みらい建設工業株式会社
共同開発者：朝日航洋(株)、(株)メンテック、(株)アートンシビルテクノ、(株)シーラム

[概要]

水上を無人航行する電磁波レーダー探査船により水面上から洗掘状況や河床下堆積物を把握出来るので経済的な探査手法である。本探査は、高周波数帯域のパルス波を使用するため、分解能は音響(音波)探査等の他探査法と比較して高い。また、水中光学カメラによりコンクリート部等の劣化損傷を把握できる。さらに、河川護岸については、陸上での電磁波レーダー探査により護岸下部のゆるみ・空洞等の把握が可能である。

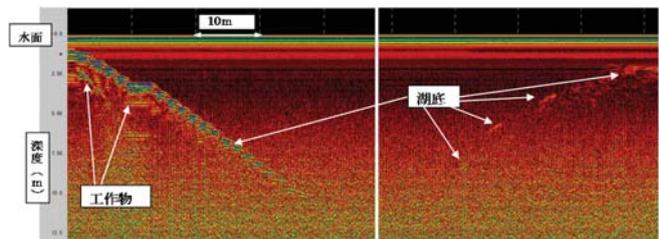
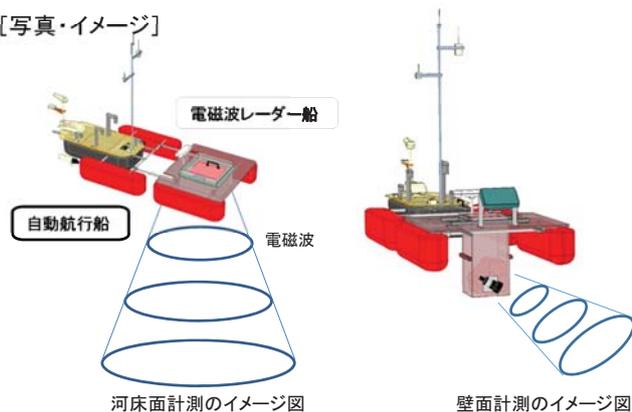
[特徴]

- ◆ 透明度が低い水中でも、水面から河床の洗掘状況、河床下の堆積物や構造物、コンクリート・護床ブロックの凹凸および鉄筋の有無の把握が可能。
- ◆ 複数の測線でデータを取得することによって、面的な評価が可能。
- ◆ 陸上部から構造物直下の空洞やゆるみを把握可能。
- ◆ GPSを搭載していることから、調査箇所での自動航行が可能。

[前回からの改良点]

- ✓ 壁面を計測することが可能。
- ✓ 自動航行船の重心を低くしたことにより安定性が向上。

[写真・イメージ]



2014年に取得した電磁波レーダー探査結果

