

### アクアジャスター®を搭載した水中点検ロボットのダム現場実証試験

(株)大林組 正 ○濱地 克也 椎名 肖一 三輪 徹  
沼崎 孝義 江原 雅洋

#### 1. はじめに

老朽化する社会インフラ施設の点検を、近年の ICT などを活用し、効率的・効果的な対応を可能とする技術の導入が求められている。その中で、ダム水中部の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・システムが国交省から公募の対象となった。そこで、アクアジャスター®を搭載した水中ロボットを新規製作し、ダム現場の実証試験に参加し、水中部のダム壁面やゲート戸当りの良質な映像を取得することができた。本報文は、開発した水中点検ロボットの機能ならびにダム実証試験の結果について記述する。

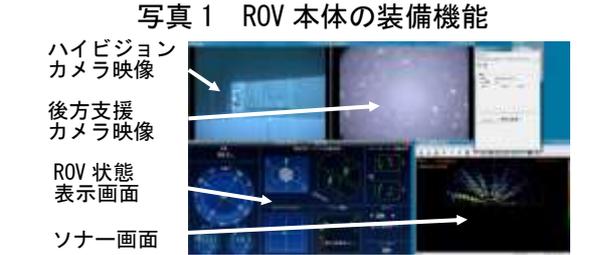
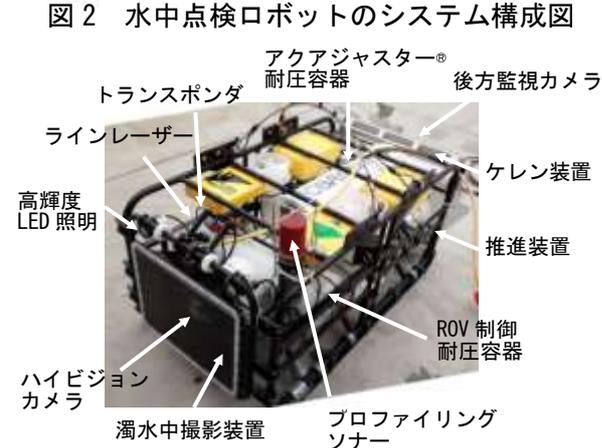
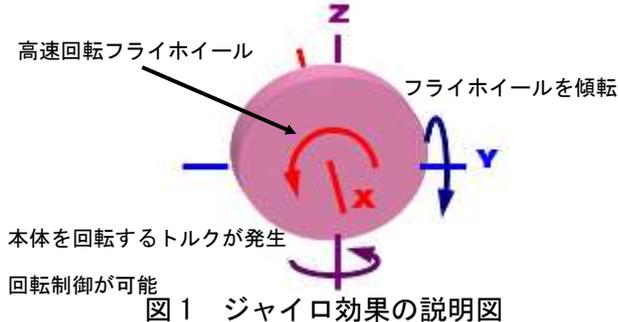
#### 2. アクアジャスター®の機能

当社が開発したアクアジャスター®は、東京スカイツリー®建設時に威力を発揮したスカイジャスター®を水中で使用できるようにした吊冶具で、ジャイロ効果を活用した回転制御できる機能を有する。ジャイロ効果とは、地球ゴマのように物体が自転運動をすると高速になればなるほど姿勢保持できる現象である（図 1）。ダムなどの水中構造物の点検作業は、通常潜水士により実施され、水中写真の撮影も行われている。このジャイロ効果を水中点検ロボットに付加させることで、対象物を見失うことなく低速で本体を回転・静止させ、ブレのない映像取得が可能となる。

#### 3. 水中点検ロボットの機能

水中点検ロボットのシステム構成図を図 2 に示す。

①ROV (Remotely Operated Vehicle) 本体：点検を行うロボット本体。アクアジャスター®、パンチルト機能付きハイビジョンカメラ、後方監視カメラ、高輝度 LED 照明、推進装置、ケレン装置、ラインレーザー、プロファイリングソナー、深度センサ、姿勢センサなどを搭載している（写真 1）。②テザーケーブル：ROV 本体とコントロールユニットを接続する水中ケーブル。送電線、光ファイバー、テンションメンバで構成されている。③コントロールユニット：ロボットシステムを制御するコントローラ。CPU やトランスなどを内蔵している。④操作器：ROV 本体の運転を行う。アクアジャスター®やカメラの操作用スイッチ、推進装置操作用のアナログスティックなどにより構成されている。⑤モニタユニット：ROV が撮影したハイビジョン映像を表示するモニタおよび録画するレコーダー、ROV の深度と方位をテキスト表示するディスプレイで構成されている。⑥PC ユニット：ROV の全ての情報を表示し、ログ保存するための PC。PC ユニットの表示画面を写真 2 に示す。



キーワード 水中点検ロボット, ROV, ダム堤体, ダム戸当り

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 (株)大林組 本社 土木本部 設計第三部 TEL 03-5769-1314

#### 4. 水中心検口ボットの位置確認機能

作業船が見渡せる陸上に自動追尾機能付きのトータルステーションを設置し、作業船に設置したプリズムの位置座標を連続的に取得した。さらに、作業船に船体ジャイロと ROV にトランスポンダ（音波センサ機器）を設置し、作業船の方位や ROV の相対位置をリアルタイムにモニタリングできる位置確認システムを構築した（図 3）。

#### 5. 国交省ダム実証試験の結果

平成 27 年 11 月 20 日に天ヶ瀬ダム（京都府）、同年 12 月 7 日に弥栄ダム（広島県・山口県）のダム点検公募調査を実施した。各ダムでの調査項目は①横継目、水平継目、壁面の概査、②模擬版探索、精査、③予備ゲート戸当り変状調査、④低水放流設備および着底水深調査、⑤選択取水塔調査（弥栄ダムのみ）であった。模擬版とは、あらかじめ予備ゲート付近に設置されたコンクリート製の調査用試験体である。模擬版は、各ダムにおいて 4 種類設置されており、円柱状の突起や幅の異なるクラックが設けられている。

横継目、水平継目、壁面の概査ではクラックの有無を確認しながら水深 40m 付近まで潜行した。水中映像は、高輝度 LED 照明と画面上のマリンスノーなどが除去できる画像詳細強化装置を使用しながら、ハイビジョンカメラで撮影した。弥栄ダムの横継目の概査状況を写真 3 に示す。模擬版精査はアクアジャスター®機能とラインレーザー（照射幅 100mm）を用いて計測した。弥栄ダムの模擬版精査状況を写真 4 に示す。予備ゲートの戸当り調査では変状箇所が見られなかった。また、調査時間の制約で低水放流設備を確認することができなかった。予備ゲート下部着底水深調査では天ヶ瀬ダムで 40m、弥栄ダムで 82m であった。選択取水塔調査では、水深 41m にて流木の堆積を確認した。また、水深 20m 付近で ROV に搭載したケレン装置を使用してスクリーンの清掃を行った。その結果、スクリーンのヘドロが取れて金属の光沢が現れた。選択取水塔流木状況を写真 5 に、清掃後のスクリーン状況を写真 6 に示す。

#### 6. おわりに

今回 2 件のダム調査は、クラックの把握ができる映像を取得することができ、一定の点検成果はあげられたと考える。

対象となるダムを定期的に調査する場合には、事前に検査対象の図面を 3 次元化してシステムに取り込んでおき、トランスポンダやトータルステーションで測位した ROV の位置を、図面上にリアルタイムでプロットすることも可能であり、検査対象位置が分かっているならばその位置への誘導も可能となる。

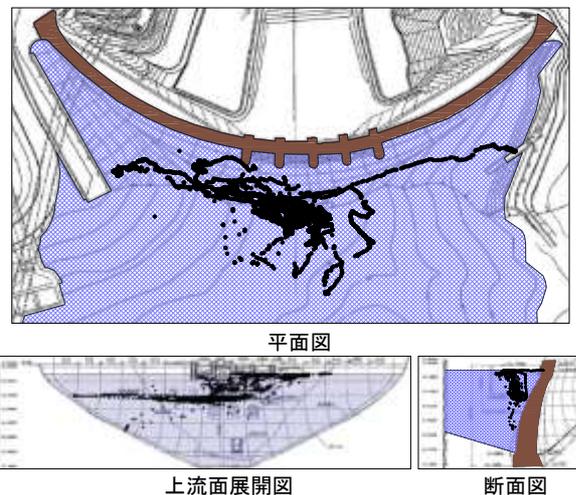


図 3 検証時の ROV 軌跡図（天ヶ瀬ダム）

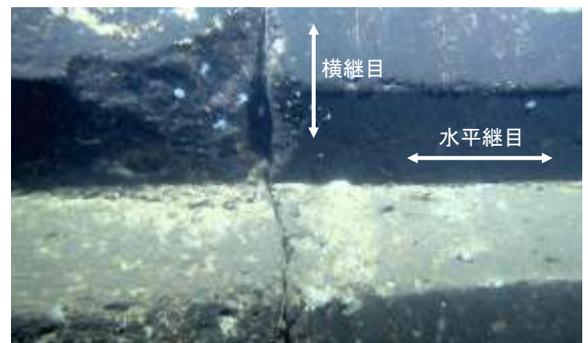


写真 3 水深 30m 横継目概査状況（弥栄ダム）



写真 4 模擬版精査状況（弥栄ダム）



写真 5 選択取水塔流木状況（弥栄ダム）



写真 6 清掃後のスクリーン状況（弥栄ダム）