

小型自動航行船を用いた写真測量による河川構造物の維持管理支援について

今井 友桂子・杉山 史典・久原 千賀子 (朝日航洋株式会社)

1. はじめに

2012年12月に発生した中央自動車道・笹子トンネルの崩落事故を契機として、インフラマネジメントの重要性が高まっている¹⁾。河川分野では、高度経済成長期以降に多くの河川整備が進められ、河川構造物が建設されてきたが、老朽化への対応を課題とする施設が年々増加してきているのが現状である^{1) 2)}。また、2013年12月の河川法令の改正により、河川構造物についても出水期前に1年に1回以上の点検が義務化された³⁾。さらに、日本は少子高齢化社会を迎えており、点検作業に関わる点検技術者の割り当てが限定されてきている。これらのことから、より効率的な維持管理の実現が急務となっている⁴⁾。

当社では、これまでに小型船にカメラとGPSを搭載した浅海観測システムを開発してきた⁵⁾。これらの経験と社会的背景を受けて、河川護岸の定期点検と詳細点検の一部である河床の変動や侵食・堆積などを同時に計測できる小型自動航行船の改良を行い、河川護岸点検作業を自動化・省力化するための手法について検討している。

本稿では、開発した小型自動航行船による計測システムの河川構造物等における点検作業の優位性と実証実験によって得られた結果を示す。

2. 計測システム概要

開発した自動航行船の全体構成を図1に、仕様を表1に示す。本計測システムは、河川の流水中では、カメラと護岸の離隔距離が不安

定となるため、浅海観測システムにレーザー距離計と船体両舷に2台ずつ合計4台のスラスト機能を装備した。離隔距離は、地上局からリモコンにより送信した値を基準とし、レーザー距離計にて取得した距離に応じてスラストによって一定に保つようになっている。センサは、護岸点検用としてHDTVカメラ4台、河床の変動や侵食・堆積状況の把握用としては、高密度な点群データを取得可能な音響測深機を搭載した。

3. 解析処理の手法

河川構造物の維持管理業務を支援するために必要な成果および用途を表2に示す。

解析処理作業フローを図2に示す。水中を撮影した動画は濁度が大きいいため、画像鮮明化

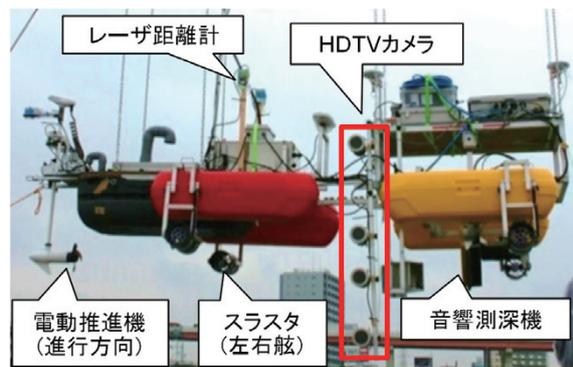


図1 計測システムの全体構成

表1 自動航行船の仕様

| | |
|-------|---|
| 形式 | 水上航行型 |
| 電動推進器 | 進行方向×1基 左右各2基 (スラスト) |
| 観測機能 | HDTVカメラ (AG-HCK10G) × 4台 (水上×1、水中×3) レーザー距離計×4台 (護岸との離隔測定) 音響測深機 (Sonic2024) × 1台 |
| 外形寸法 | 4200 × 1750 × 2500 (mm) |
| 質量 | 約 300kg |

表2 成果および用途

| 成果 | 内容 | 用途 |
|----------|---|---------------------------|
| モザイクオルソ | 水上および水中の動画から静止画を抽出し連結したもの。 | 画像上で護岸の変状箇所の状況を二次元的に把握する。 |
| 三次元地形モデル | 音響測深データから生成した三次元点群データを段彩図表示したもの。一般的にコンター図や水深図などでも使用される。 | 図上にて河床部変状箇所の形状、量を面的に把握する。 |
| 三次元展開図 | 三次元点群データとモザイクオルソを合成したもの。 | 図上に変状箇所の位置を展開し、三次元的に把握する。 |

処理(図2の★)を実施する。画像鮮明化処理とは、図3に示すとおり護岸点検時のひび割れを模した針金が、(b)鮮明化後では動画上で明瞭に確認できるようにする処理である。処理内容としては、コントラストを強調するとともに、動画内でのマッチング処理にて水中浮遊物等を除去している。

モザイクオルソ作成は、垂直に切り立った河川護岸を撮影した動画(鮮明化後)を使用し、処理を行うため、別途極座標系を設定する(図2の☆)。

三次元展開図は、平面直角座標系にて作成された音響測深機の三次元点群データを基準にモザイクオルソ画像を平面直角座標系に変換・合成して、三次元展開図を作成する。

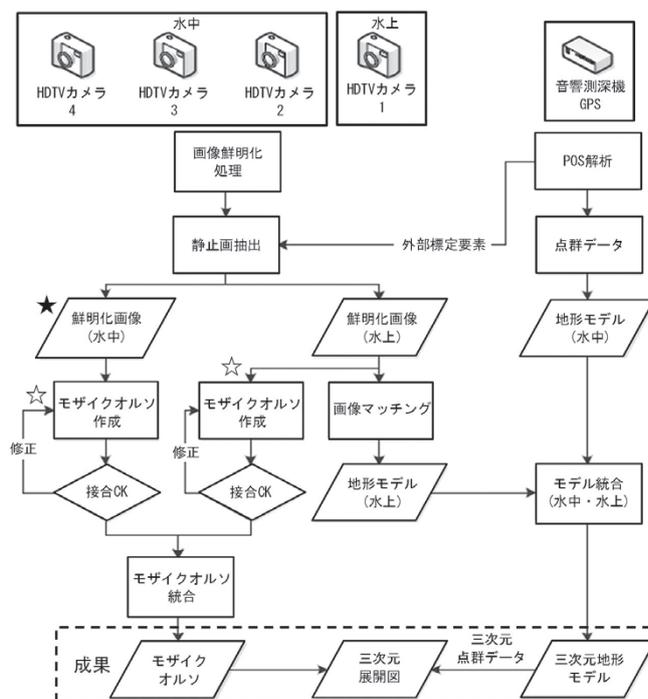


図2 解析処理作業フロー

4. 実証実験の場所と目的

実証実験は、平成27年10月22日に信濃川の大河津分水約30km上流に設置された妙見堰(図4)の護床ブロックおよび擁壁を点検対象として実施した。

目的は以下の二つとした。

- ①計測の自動化に向けた自動航行実験を行う。
- ②50cmの離隔距離(手動による遠隔操作)で計測を行い、HDTVカメラデータおよび音響測深データを取得し、解析処理結果を評価する。

なお、越の大橋の主ゲートは閉じた状

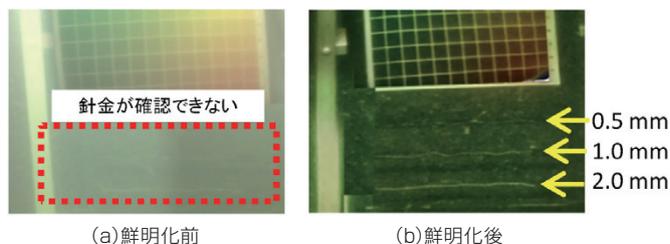


図3 動画の鮮明化処理

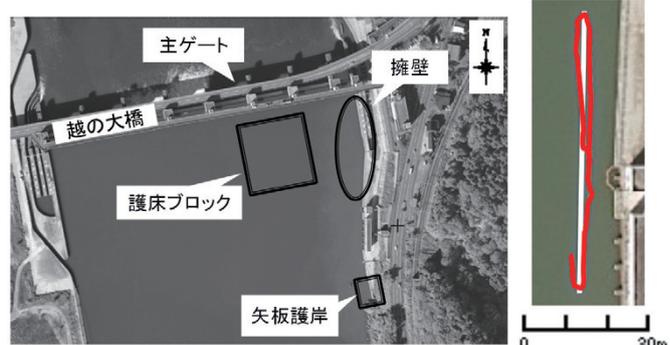


図4 計測箇所平面図

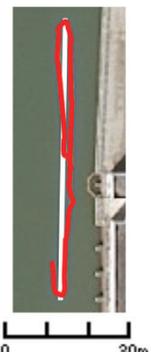


図5 計画線と航跡

(図4および図5のオルソは地理院図より)

態で実施した。

5. 実証実験結果

本実験の目的①についての結果を以下に示す。自動航行についてウェイポイントを2点指定で行った。実験の結果(図5)、70mの計画線(白線)に対して航跡(赤線)は最大で約2.5mの差を確認し、標準偏差として1.58mの差があった(図6)。また、開始地点と終了地点付近で軌跡は計画線に近づいていることが確認できた。以上のことからウェイポイントを細かく指定することにより、計画線との乖離が小さくなることが推察される。自動航行に向けては、流速を考慮したウェイポイントの指定間隔の設定が今後の課題である。

本実験の目的②の結果を以下に示す。図2に示した解析処理作業フローにもとづき、計測データから、表2で示した成果を作成した。

図7に三次元地形モデルの一部を示す。本計測システムに搭載した音響測深機により、点密度1000点/m²(3cmに1点)の詳細な地形モデルを取得することができた。図7の護床ブロックの堆積厚は60cmであることが理解でき、堆砂状況や河床の洗掘状況等を詳細に把握可能である。

図8に動画より作成したモザイクオルソの一部を示す。図8の水上から水中に連続するコンクリートの継ぎ目および割れ目が再現され変状箇所を面的に把握できることが確認された。

図9および図10に三次元展開図を示す。図9に示す擁壁において奥行きを表現することで、現地状況を再現することができ、作業点検箇所を容易に特定することが可能であった。また、図10に示す地上では見えない水中の矢板護岸の形状も取得でき、護岸点検をする上で有効であることが認められる。

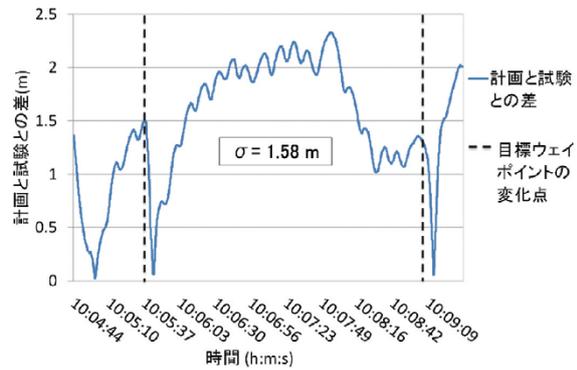


図6 自動航行実験結果

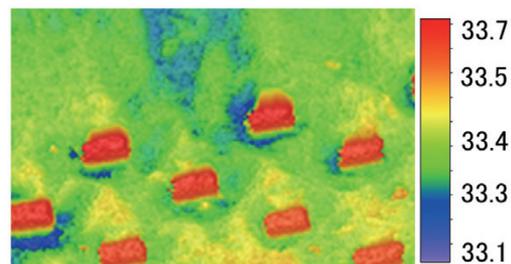


図7 三次元地形モデル(護床ブロック)

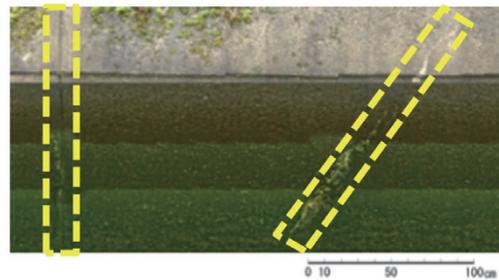


図8 モザイクオルソ(擁壁)

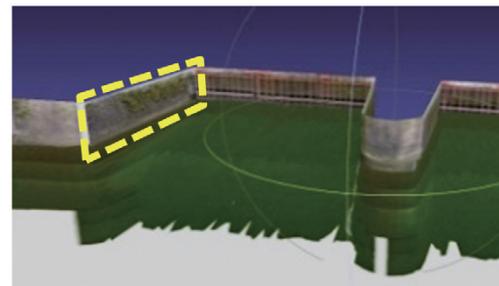


図9 三次元展開図(擁壁)

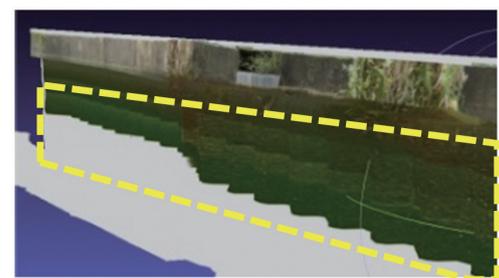


図10 三次元展開図(矢板護岸)

6. まとめ

本稿では、開発した小型自動航行船による計測システムにて実証実験を行い、河川護岸点検作業の点検技術者に代わる本計測システムの優位性を示した。

目的①の結果、自動航行に向けては、流速を考慮したウェイポイントの指定間隔の設定が今後の課題である。目的②の結果、水上部はHDTVカメラで撮影した画像から、水中部は音響測深データにより、三次元展開図等の成果の作成ができ、河川構造物の維持管理業務に有効であることが確認できた。

今後とも実運用に向けて、計測システムの改良に取り組んでいく予定である。

なお、本研究は、国土交通省が実施した「平成27年度次世代社会インフラ用ロボット」現場実証によるものである。

■参考文献

- 1) 内閣府 政策統括官(科学技術・イノベーション担当)、戦略的イノベーション創造プログラム(SIP) インフラ維持管理・更新・マネジメント技術研究開発計画、http://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/keikaku/7_infura.pdf, 2016年6月3日参照
- 2) 前田 隆、石川 功、“河川護岸の補修判定基準について”、土木学会東北支部

技術研究発表会(平成22年度)、VI-17.2010.

- 3) 「水防法及び河川法の一部を改正する法律の一部の施行期日を定める政令」及び「水防法及び河川法の一部を改正する法律の一部の施行に伴う関係政令の整備等に関する政令」について、http://www.mlit.go.jp/report/press/mizukokudo03_hh_000717.html, 2016年6月3日参照
- 4) 建設コンサルタンツ協会 近畿支部、“維持管理マニュアル(案)”、公共土木施設の維持管理に関する研究委員会 報告書、資料No12-1, pp.1-99. 2012.
- 5) 国立環境研究所と浅海底観測システムの共同開発 サンゴ礁を水中写真図でよりわかりやすく!、http://www.aeroasahi.co.jp/up_image/SangoCamera20140206.pdf, 2016年6月8日参照

■執筆者

今井 友桂子(いまい ゆかこ)
朝日航洋株式会社
yukako-imai@aeroasahi.co.jp

(共著者) 所属は筆頭著者に同じ
杉山 史典(すぎやま ふみのり)
久原 千賀子(くはら ちかこ)