

Photog-CAD を用いた水辺空間環境計測

貞山・北上・東名運河研究会 正会員 後藤光亀
阿武隈生物研究会 正会員 池田洋二

1. はじめに

東日本大震災で被災を受けた宮城県東松島市の野蒜海岸周辺の水辺空間環境計測に対し Photog-CAD 解析の適用性を検証した。検討項目は、3 台のデジタルカメラを 1/1000 秒の同時撮影システム構築と海岸の離岸流計測の可能性、ドローンによる砂浜海岸線の防潮堤（後浜）から汀線（前浜）の一括計測や、レーザー光やプロジェクター光を用いた夜間での水辺空間環境などの Photog-CAD 計測である。

2. Photog-CAD 解析のためのマーカー（ターゲット）開発

厚さ 3 mm、90 cm×180 cm のベニヤ合板を 9×18 cm の矩形に切断して 100 枚のターゲット板とし、地表面・設置型の廉価で携帯性の良いマーカーを試作した。板の中央に穴を開け、丸カン等で砂地に固定、板の短辺と長辺の使い分けや設置角度で視認性が向上するよう工夫した。蛍光色（表）と水性塗料（裏）の塗布面を、砂地の乾燥状態や太陽高度で使い分けて視認性を向上させた。波打ち際は、穴を 3 つ開けて丸カンで固定、流されないよう工夫した。

3. デジタルカメラ同時シャッター計測システムの開発

1) ワンショットおよびタイムラプス同時シャッターシステム

Photog-CAD 解析に用いる 3 枚の写真は、同一機種、同一レンズ焦点、同一画角（レンズ広角端か望遠端）が必要とされる。CHDK（Canon Hack Development Kit）を用い、3 台の Canon 製 PowerShot A550（中古品、約 1000 円）のカメラを一時的に制御し、3 台のデジタルカメラをワンショット同時シャッターおよびタイムラプス同時シャッターシステムを構築した。

2) 1/1000 秒 Photog-CAD 解析への適用性

CHDK リモート同時シャッター動作を 1/1000 秒までの同時性を確保するため、PowerShot A550 の上級機種 Canon PowerShot SX50 HS（中古品、約 3 万円）を採用した。ワンショット同時シャッター撮影時、1/1000 秒ラップ用ストップウォッチ画面の写し込みを行い、時差検証の結果、1/1000 秒の同期性が確認された。現在、3 台のカメラを自動焦点でタイムラプス撮影時の撮影間隔は 2～3 秒である。なお、SX50 HS 機はマニュアルフォーカスが可能で、インターバル撮影間隔の短縮が期待される。

3) 離岸流への適用

離岸流は風速・風向や沿岸流などで変化し易く、野蒜海岸の海水浴場の監視からもリアルタイムでの状況把握が急務である。この離岸流への適用検証のため、2018 年 8 月 22 日、野蒜海岸でタイムラプス（2 秒間隔）同時シャッター撮影システムによるサーファーの動きを計測し、Photog-CAD 解析した。図-1 にサーファーまでの距離を求めて XY 平面で展開して求めたサーファーの位置と移動速度（サーフボードの速度と着水後の沿岸流速度）を示す。

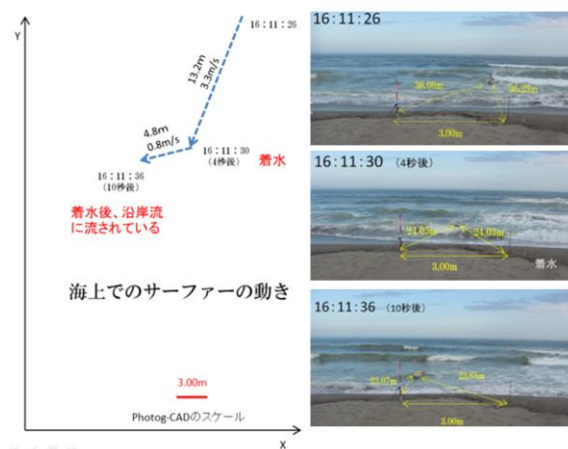


図-1 サーファーの動きを Photog-CAD 解析

海岸線の海水面にマーカー（パドリングしないサーファーや投げ釣り竿による浮きの利用等）を設営できれば、風や波向きで日々変化する海岸線での流れを 1/1000 秒の同期シャッタータイムラプス撮影システムで計測できる。離岸流に乗って沖に繰り出すサーファーの動きや、海上を飛来する鳥の高度や移動速度の解析も可能となる。

3. ドローンによる砂浜海岸の Photog-CAD 解析

防潮堤天端から汀線までの一括撮影の際、3 方向からドローン（DJI 社）の撮影時に Photog-CAD 解析経験者が DJI 社の Goggles を装着し、ドローンのリアルタイム画像を確認しながらドローン操縦者に鉛直・長さスケールの写し込みの位置や写真の画角の撮り方を指示した。また、撮影指示者が写真撮影の正面の位置に留まってランドマークとなり、操縦者の地表面の視認性を支援した。なお、防潮堤天端（T.P. 7.2m）に試作のベニヤ合板マーカーを置き、高さ基準点の写し込みを行った。砂浜海岸は、マーカー候補が少なく、視認性の高い人工的マーカーが不可欠である。

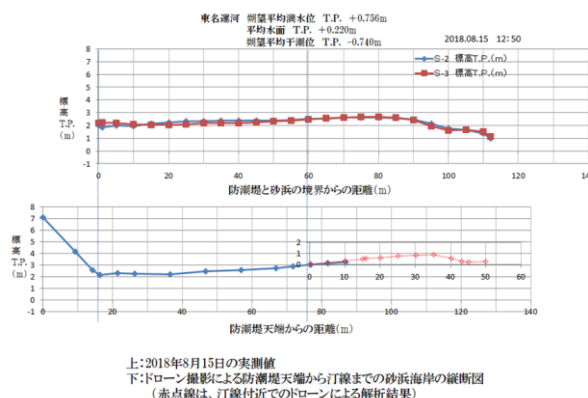


図-2 野蒜海岸の砂浜海岸の Photog-CAD 解析

（青：防潮堤からの画像で解析、赤：前浜～汀線の画像で解析）

キーワード：Photog-CAD、同期写真撮影、離岸流、ドローン、レーザー光、プロジェクター光

連絡先：貞山・北上・東名運河研究会 Add. 仙台市青葉区小松島 2 丁目 16-27-301 Tel. 022-275-4525

図-2は、津波で侵食を受けた砂浜海岸の地形と植生分布の再生過程を検証するための砂浜地形のPhotog-CAD解析である。T.P. 7.2mの防潮堤天端から人間によるカメラ撮影では、前浜より海側の汀線が写真撮影できない場合が多い。同図で、汀線付近のPhotog-CAD解析結果が実測値より高い値を示した。この場合、複数の補助スケールの設置でPhotog-CAD解析の精度が改善される。

4. 携帯型レーザー光計測システムの開発

災害時に現場に近づくのが困難な場合や、夕方から夜間のようにカメラ撮影に光量が十分でなくターゲット（マーカー）が写らない、あるいはPhotog-CAD解析時に視認が困難な場合が考えられる。

そこで、レーザー光の直線性に着目し、現地の地表面に近づくことなく、鉛直・長さスケールとターゲット設置をできる計測システムを考案した。図-3に概要を示す。ポイントは、2本以上のレーザー発振器（赤色・緑色などの点・線・十字用レーザーモジュールなど、価格3000円前後）を、三脚上の盤上の基準線に対して直角に任意の間隔で固定する。事前に、複数のレーザー光相互間のスケールの精度（間隔）を被写体までの距離に対して検定しておく。固定盤をカメラ三脚の雲台に設置すると、上下・左右方向へ任意の位置や角度にレーザー光を照射でき、操作性が向上する。

図-4に結果を示す。赤いクロスレーザー光による岩肌の凹凸が良く表現されている。正面と左右の写真から、岩肌の凹凸の変化をイメージすれば、比較的簡便にマーカーをセットできる。また、Photog-CAD解析時の残差判定も、他の被写体情報が少ないためか、再計算をせずに処理できた。



図-3 鷺ノ巣岩での多点・多線レーザー光による計測

調査は野蒜海岸の名勝地・鷺ノ巣岩で2018年8月27日に行い、光量の参考値として照度（照度計：シンワ製 78747 デジタルルックスメーター）を測定。当日の天候は曇り、照度は、16:30で8320 lux、18:11で160 lux、18:21で60 lux、18:40で<10 lux未満。現地での多点・多線レーザー光によるターゲット照射は、携帯用の電源、コンバーター、レーザー照射台と三脚・雲台、スタッフ・ポール、補助光源を用いて実施。カメラはオリンパス ToughTG-5。

5. プロジェクター光計測システムの開発

プロジェクター光によるマーカー設置を、野蒜海岸・鷺ノ巣岩で行った。マーカーとして、ドットの他に、実線・点

線・破線を用い、色を変化させて、視認性を確保した。プロジェクターの電源は、携帯用の車用バッテリーとDC/ACインバーターで100Vの電源を得た。パソコンは充電対応とし、携帯用電源の消費を抑えた。

日没約40分後の撮影で、天候が曇り、三脚を用いないフリーハンドの撮影であったので、3枚の写真の一部に画像のブレがあったが、Photog-CAD解析に支障はなかった。色別の点と線のマーカーは、Photog-CAD解析でのパソコン上での画像の視認性が良いが、ソフト上では点マーカーは隣接する点と誤認し易かった。一方、線と線のクロス部は、パソコン上での画像の視認性もソフト上の誤認も少なく、作業性が良好である。

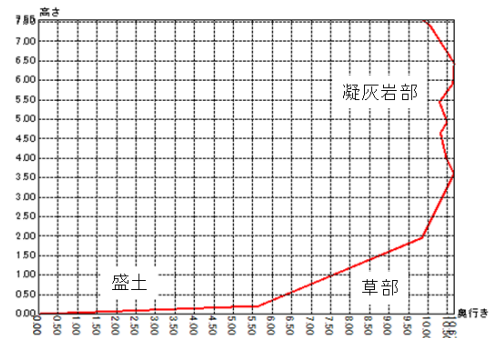


図-4 点・ライン・クロスレーザー光の照射状況

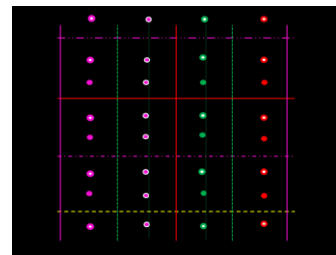


図-5 プロジェクターによるマーカー・パターン投影例

6. おわりに Photog-CAD解析のマーカー視認度を上げる廉価な地上設置型のマーカーの提案と、レーザー光やプロジェクターの投影光による非接触型のマーカーの提案を行った。また、1/1000秒の同期シャッター撮影システム構築により、水、生き物、車など動き続ける被写体の空間距離や形状・寸法などを評価でき、さらに同期インターバル撮影により対象被写体の空間移動速度などの評価を行うことも可能となった。Photog-CADフリーソフト版は、平成29年12月より国内利用を条件に使用でき、学校教育や生態環境調査など、様々な利活用法の展開が期待される。

「災害復旧効率化支援システム（Photog-CAD）フリーソフト版」

<http://www.gis.jacic.or.jp/gis/photog/free/index.html>

本研究は、一般財団法人・日本建設情報総合センターの研究寄附金助成を受けて実施した。ここに記して感謝の意を表する。

参考文献 1) 後藤浩佳、後藤光亀「Photog-CADにおける写真同時撮影技術の開発」平成28年度土木学会東北支部技術研究発表会、2018.3

2) 後藤光亀「災害復旧工事時のPhotog-CADによる空中・水中の歴史的土木構造物および水辺環境モニター計測技術の開発」JACIC研究助成事業活動・報告、http://www.jacic.or.jp/josei/itiran_2017.html