

(54) 3D データへ画像データの手動重畳による 水位計測精度

森田 健司¹・今野 新²・関谷 浩孝²・前田 安信³

¹非会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所 社会資本マネジメント研究センター
社会資本情報基盤研究室 (〒305-0804 茨城県つくば市旭 1 番地)
E-mail: morita-k924a@mlit.go.jp

²正会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所 社会資本マネジメント研究センター
社会資本情報基盤研究室 (〒305-0804 茨城県つくば市旭 1 番地)

³非会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所 社会資本マネジメント研究センター
(〒305-0804 茨城県つくば市旭 1 番地)

国土技術政策総合研究所では CCTV カメラによる画像とカメラ周辺の 3D データから、被害規模を計測する技術を開発している。3D データへ画像データを手動操作で重畳させて、画像データ上で計測位置を指定し、3D データの座標から計測を行う技術である。

近年多発している集中豪雨による洪水時における越流などの危険の早期把握や対策活動の迅速化を実現することを目的に、この計測技術を応用して画像と 3D データから河川水位の計測を行い、その計測精度を分析した。分析の結果、日中の画像での計測水位とテレメータ水位の誤差は 0.07m となり、高い精度で計測できることを明らかにした。一方で、夜明けや夕暮れ～夜間の画像では水際が判別しにくく、日中の画像の計測誤差の 5 倍となることを明らかにした。

Key Words: flood control ,rever water level, camera image, CCTV, 3D model

1. はじめに

日本では地震や風水害などの自然災害が頻発しており、近年はゲリラ豪雨に代表されるような記録的集中豪雨が多発している。このような風水害が発生した場合に、住民の避難時間を十分に確保するには、洪水時の情報収集のさらなる迅速化と細密化が必要となる。これには、国土交通省が河川や道路などのインフラ監視や災害発生時の被害状況把握のために運用している CCTV (Closed-Circuit TeleVision) カメラを活用することが有効である。CCTV カメラを活用した新たな水位観測手法により隣接する水位観測所間の水位情報を補完することができれば、越流などの危険の早期把握や対策活動の迅速化を実現することができる (図-1)。

国土技術政策総合研究所では CCTV カメラによる画像と CCTV カメラ周辺の 3D データから、被害規模を計測する技術の開発に取り組んでいる。この計測技術は CCTV カメラ映像から作成した静止画 (以下、「CCTV カメラ画像」という。) を 3D データ上に重畳し、CCTV カメラ画像上で計測箇所を指定することにより、

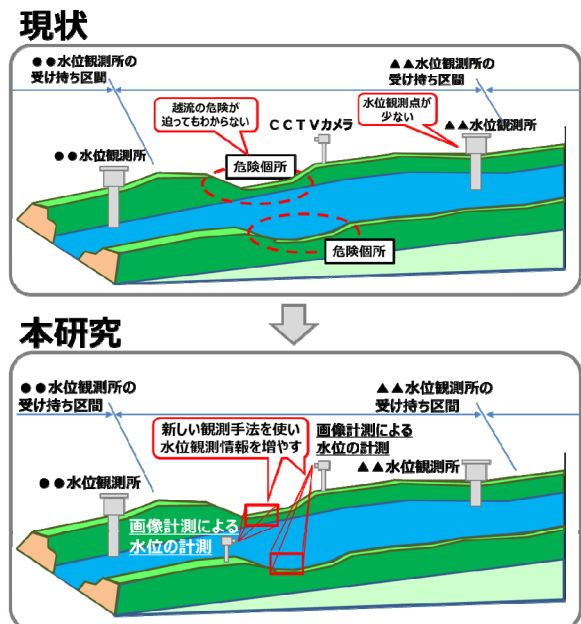


図-1 新たな水位観測手法による水位情報の補完
3D データの座標情報から計測結果を出力する技術 (以下、「画像計測」という。) である。これまで、変状として道路に発生した段差や河川堤防の天端に発生した亀

裂を想定し、CCTV カメラ画像上で把握可能な規模を明らかにするための画像計測の実験¹⁾を行ってきた(図-2)。隣接する水位観測所間の水位情報を補完する新たな水位観測手法として、CCTV カメラを活用した画像計測技術を適用することとした。本研究では、画像計測技術を応用して河川水位の計測を行い、その計測精度を分析したので、その結果を報告する。

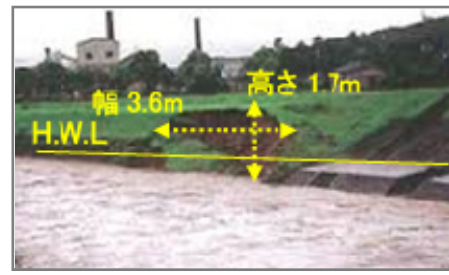


図-2 堤防の法崩れの規模計測イメージ

2. 分析方法

(1) 分析の概要

3D データへ CCTV カメラ画像を重畳して水位を計測するために、CCTV カメラ画像から生成した静止画像(以下、「試験画像」という。)と 3D データの取得を行う。取得した 3D データと試験画像を手動操作で重畳し、水際位置を指定して水位を計測する(図-3)。試験画像の取得時刻における画像計測データ(水位)と同一時刻の水文水質データベース²⁾で公表されている水位テレメータのデータを比較し、計測誤差を分析する。



図-3 3Dデータと CCTV カメラ画像の重畳による水位計測例

(2) 3D データの取得

画像計測による水位の計測に必要な、計測箇所の構造物などの座標情報を得るための 3D データを取得した。今回の分析では鶴見川 芦穂橋 CCTV カメラ及びその周辺を試験フィールドとし、関東地方整備局京浜河川事務所の協力を得て、3D データを取得した。水位計測地点周辺の点群データをヘリレーザにより取得した。

表-1 にヘリレーザによる点群データの取得諸元を示す。ヘリレーザのレーザ光は水中の構造物の点群データを取得できないことから、河川水位が低くなった状態で点群データを取得した。さらに CCTV カメラの位置情報と、試験画像の画角内にある 3D データとの重畳のための標定点(地物)の座標計測を行った。



図-4 試験画像の撮影範囲とテレメータ位置

表-1 ヘリレーザによる点群データの計測諸元

計測諸元	
取得面積	0.05km ²
飛行速度	72km/h (20m/s)
飛行高度	500m
対地高度	等対地高度
サイドラップ率	50%
計測密度	1 m × 1 m に 16 点

(3) 試験画像の取得

試験画像は既設の CCTV カメラの蓄積画像から取得した。誤差分析用の水位テレメータの位置と画像計測システムの試験画像の撮影範囲を図-4に示す。

(4) テレメータ水位データの収集

試験画像から計測した水位との計測精度を分析するために、試験画像の取得時刻と同一時刻の水位テレメータのデータを水文水質データベースより収集した。

3. 画像計測による水位の計測と計測精度分析

(1) 画像計測による水位の計測

画像計測による水位の計測には、今回開発したソフトウェア(以下、「画像計測システム」という。)を利用した。取得した試験画像及び 3D データから画像計測システムを用いて、以下の手順により水位を計測した。

a) 3D データの読み込み

画像計測システムに取得した 3D データを読み込む。

b) CCTV カメラ位置の設定

3D データ取得時にあわせて取得した CCTV カメラの位置情報に基づいて、CCTV カメラ位置から試験画像の撮影方向を向いたカメラ視点での表示設定を行う。

c) 試験画像の読み込みと2点標定による重ね合わせ

画像計測システムに取得した試験画像を読み込み 3D データ上に表示させる。3D データ及び試験画像の両方で識別できる標定点を操作者が手動でそれぞれで2点ずつ指定し (図-5) , 試験画像と 3D データを重ね合わせる。(図-6)

d) 試験画像内の水際位置の指定による水位計測

3D データへ重畳された試験画像内の水際位置を操作者がマウスカーソルで指定し, 指定された位置の 3D データ上の座標から標高値を取得する。芦穂橋の水位テレメータのゼロ点高は 0.0m (T.P.) であることから, 標高=水位とした。水際の指定位置による計測結果のばらつきを抑えるため, 試験画像の左右両端部と中央部の3点で計測し (図-7) , その平均値を画像計測システムによる計測水位 (以下, 「画像計測水位」という。) とした。

(2) テレメータと画像計測の計測誤差分析

画像計測水位と水位テレメータのデータの分析を行った (表-2) 。夜明けや夕暮れ~夜間の時間帯は, 試験画像が不明瞭で水際が判別しにくい (表-2 の太枠で囲んだ部分) 。水際の判別がしやすい画像例を 図-8 に, 判別が難しい画像例を 図-9 に示す。

夜明けや夕暮れ~夜間の時間帯の 18:00~翌 5:00 のうち, 9月 13日 18:00 の試験画像は水際の判別はできたが,

表-2 画像計測水位とテレメータの計測誤差

観測時刻	テレメータ 水位: A	画像計測水位			計測誤差			計測誤差 平均
		左端: L	中央: C	右端: R	L-A	C-A	R-A	
2016年9月13日 (表中、太枠内のデータは夜明けや夕暮れ~夜間の時間帯のデータ)								
05:00	0.10	-0.36	-0.38	-0.54	0.46	0.48	0.64	0.53
06:00	-0.11	-0.07	-0.10	-0.11	0.04	0.01	0.00	0.02
07:00	-0.30	-0.09	-0.33	-0.35	0.21	0.03	0.05	0.10
08:00	-0.46	-0.29	-0.35	-0.53	0.17	0.11	0.07	0.12
09:00	-0.47	-0.31	-0.37	-0.49	0.16	0.10	0.02	0.09
10:00	-0.36	-0.30	-0.47	-0.47	0.06	0.11	0.11	0.09
11:00	-0.13	-0.05	-0.10	-0.24	0.08	0.03	0.11	0.07
12:00	-0.01	0.04	0.00	-0.01	0.05	0.01	0.00	0.02
13:00	0.23	0.29	0.36	0.32	0.06	0.13	0.09	0.09
14:00	0.40	0.43	0.50	0.38	0.03	0.10	0.02	0.05
15:00	0.58	0.66	0.60	0.55	0.08	0.02	0.03	0.04
16:00	0.60	0.65	0.72	0.76	0.05	0.12	0.16	0.11
17:00	0.57	0.60	0.58	0.50	0.03	0.01	0.07	0.04
18:00	0.40	0.36	0.42	0.30	0.04	0.02	0.10	0.05
19:00	0.23	-0.04	0.44	-0.64	0.27	0.21	0.87	0.45
20:00	0.07	-0.33	-0.08	-0.52	0.40	0.15	0.59	0.38
21:00	-0.04	-1.06	-0.19	-0.27	1.02	0.15	0.23	0.47
2016年9月20日 (表中、太枠内のデータは夜明けや夕暮れ~夜間の時間帯のデータ)								
10:00	0.39	0.29	0.32	0.26	0.10	0.07	0.13	0.10
11:00	0.06	0.12	0.08	-0.05	0.06	0.02	0.11	0.06
12:00	-0.19	-0.20	-0.23	-0.24	0.01	0.04	0.05	0.03
13:00	-0.30	-0.30	-0.28	-0.32	0.00	0.02	0.02	0.01
14:00	-0.26	-0.16	-0.12	-0.10	0.10	0.14	0.16	0.13
15:00	-0.04	0.02	0.01	-0.11	0.06	0.05	0.07	0.06
16:00	0.25	0.30	0.28	0.28	0.05	0.03	0.03	0.04
17:00	0.59	0.66	0.63	0.72	0.07	0.04	0.13	0.08
18:00	0.85	0.80	0.80	0.78	0.05	0.05	0.07	0.06
19:00	0.94	0.85	0.82	0.82	0.09	0.12	0.12	0.11
20:00	0.94	0.65	0.66	0.82	0.29	0.28	0.12	0.23
21:00	0.64	0.54	0.74	0.66	0.10	0.10	0.02	0.07
22:00	0.37	-0.20	-0.56	0.69	0.57	0.93	0.32	0.61
23:00	0.05	-0.92	-0.35	-0.15	0.97	0.40	0.2	0.52
00:00	-0.24	-0.49	-1.11	-0.03	0.25	0.87	0.21	0.44

9月 20日 18:00 の試験画像は水際の判別が困難であった。それぞれの日の出, 日の入の時刻は表-3 の通りであり³⁾, 日の入の時間に影響を受けていると考えられる。

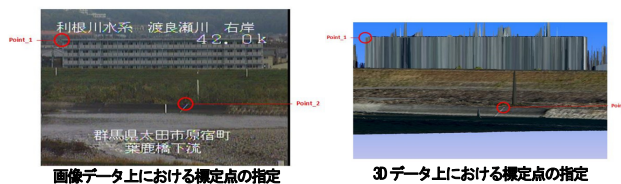


図-5 3Dデータと試験画像の2点標定

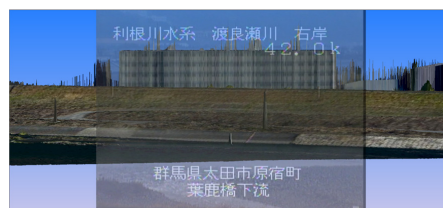


図-6 2点標定の結果による重畳表示

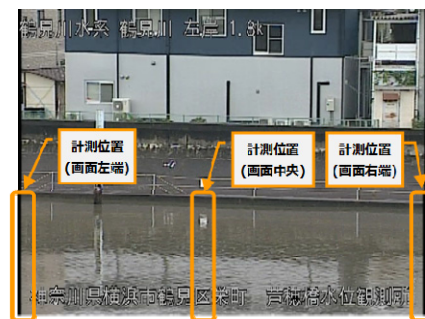


図-7 試験画像における水際線指定位置

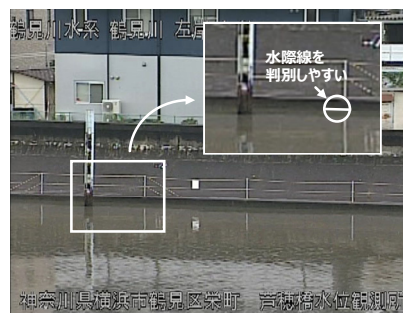


図-8 水際の判別がしやすい画像例

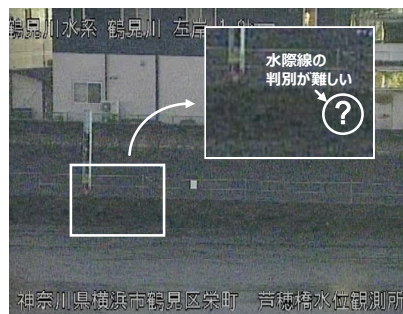


図-9 水際の判別が難しい画像例

表-3 計測日における日の出・日の入の時刻

年月日	日の出	日の入
2017/9/13	5:22	17:52
2017/9/20	5:28	17:42

(3) 画像計測システムの計測精度分析

画像計測水位とテレメータ水位の関係を図-10 に示す。日中の画像における画像計測水位とテレメータ水位の誤差平均は 0.07m であり、テレメータ水位に近い値となることが分かった(表-4)。一方で夜明けや夕暮れ～夜間の画像では水際が判別しにくく、夜明けや夕暮れ～夜間の画像における誤差平均は 0.35m であり、日中の画像の誤差の 5 倍となることが分かった。

4. 考察

(1) 試験フィールド及び試験画像のサンプル数

今回、試験フィールドが 1 箇所であったことや試験画像数が少ないことから、今後は複数のフィールド、多数の画像により水際が判別できる時間帯などの条件を把握できるように実験を行う必要がある。

(2) 計測位置の構造物の状態

今回の試験フィールドは、コンクリート護岸の段差があり(図-11)、護岸段差の縁と水際、水面に反射した護岸段差が判別しにくい画像があった(図-12)。また、コンクリート護岸壁面が湿潤している状態においては水際の判別に困難な場合があり(図-13)、計測対象の構造物の状態による影響を分析する必要がある。

(3) 天候による影響

出水時などに起こる水面の揺らぎによる水際の判別方法や、様々な天候下における画像の判別しやすさについても分析する必要がある。

5. まとめ

集中豪雨による洪水時における、越流などの危険の早期把握や対策活動の迅速化を実現することを目的に、CCTV カメラを活用した画像計測技術を河川水位の計測に適用して、水位計測の精度を分析した。

分析の結果、日中の画像における画像計測水位とテレメータ水位の誤差平均は 0.07m であり、高い精度で計測できることを明らかにした。一方で夜明けや夕暮れ～夜間の画像における誤差平均は 0.35m であり、日中の画像の計測誤差の 5 倍となることを明らかにした。

謝辞：本研究は、内閣府総合科学技術・イノベーション会議の戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)「レジリエントな防災・減災機能の強化」(管理人：JST)によって実施されました。

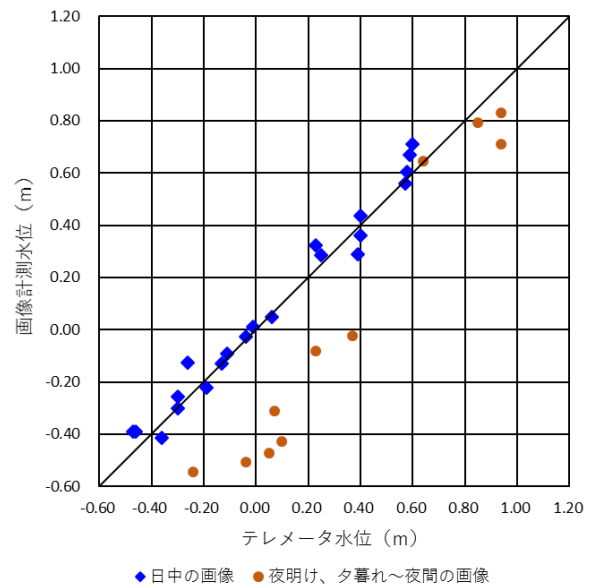


図-10 画像計測水位とテレメータ水位の関係

表-4 画像計測の誤差平均と標準偏差

	誤差平均 (m)	
	日中の画像	夜明け、夕暮れ～夜間の画像
誤差平均	0.07	0.35
標準偏差	0.04	0.20



図-11 試験フィールドのコンクリート護岸

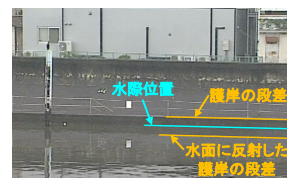


図-12 護岸の段差の縁と水際

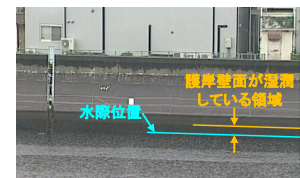


図-13 護岸の湿潤の状態

参考文献

- 1) 森田健司, 関谷浩孝, 今野新: CCTV カメラ画像と 3D モデル, 点群データを用いた変状計測に関するデータの取得, 2016 年度土木情報学シンポジウム講演集 Vol.41, pp.209-212.
- 2) 国土交通省 水文水質データベース HP, <<http://www1.river.go.jp/>>, (accessed 2017.6.27) .
- 3) 国立天文台 暦計算室 各地のこよみ, <<http://eco.mtk.nao.ac.jp/koyomi/dni/2017/s1509.html>>, (入手 2017.6.28) .