

河川維持管理システムにおける3次元モデル活用の検討

河合 悠希[†] 窪田 諭[†]

関西大学大学院 理工学研究科[†]

1. はじめに

河川管理施設は、日常的に形状が変化する構造物であるため、定期点検では形状の把握が重要である。しかし、現状の維持管理業務は、河川管理施設を2次元の地図上に示しており、形状を正確に把握できない。近年、地上設置型レーザスキャナ(LS)やMMS(Mobile Mapping System)などの計測機の技術の発展により、建設現場などにおいて、3次元モデルの活用が進んでおり、河川維持管理においても、3次元モデルの活用が有効であると考えられる。

著者らは文献[1]において、河川管理施設の3次元モデルと河川管理情報を紐づけて蓄積、参照するシステムを提案した。ただし、河川維持管理業務に適した河川管理施設の表現方法や、3次元モデルの作成方法などの検討が不足していた。

そこで、本研究では、河川維持管理業務に適した河川管理施設の3次元の表現方法を検討し、河川維持管理システムにおける3次元モデルの活用方法を考案する。

2. 河川管理施設の表現方法

本章では、河川管理施設の表現方法をコスト、データの作成時間、精度、更新頻度の観点で比較し、検討する。

2.1 2次元地図

現状の維持管理業務では、河川管理施設を2次元の地図上に表現し、点検箇所などは地図上に示される。しかし、2次元地図では河川管理施設の形状を正確に表現することができず、河川管理者はその形状や点検箇所を正しく把握することが困難である。地図の縮尺は1/25000や1/2500があるが、いずれも河川管理施設の形状を正確に表現することは困難である。一方、国土地理院の基盤地図情報や地理院地図などの既存資産を利用できるため、コストやデータの作成時間を抑えることができる。しかし、基盤地図情報の更新頻度に合わせて対象地物が更新され、河川管理施設の詳細な形状までは更新されない。

2.2 3次元CAD

建設事業において、CIM(Construction Information Modeling)が推進されている。CIMは構造物を3次元化することにより、設計ミスの削減や維持管理業務の効率化などの効果が期待される。多くの場合、3次元モデルは3次元CADを用いて作成される[2][3]。そのソフトにはAutoDesk社のAutoCAD Civil 3Dなどがある。モデルの作成時間や精度は作成者の技量に依存する。精度に関してはLOD(Level of Detail)があり、LODによってモデルの詳細度は異なるが、LODを詳細にすると、コストが高くなる。構造物のモデルを作成するためには、構造物の設計データを元資料とするため、更新頻度は低い。

2.3 3次元点群データ

LSやMMSなどにより対象物を計測すると、3次元の点群データを取得できる。点群データは対象物の形状を視覚的に把握できる。コストは2次元地図と比べると高いが、概略の形状を広い範囲で計測できるため、価格の低減が期待される。点群データの作成時間や精度は計測機によって変わるが、精度に関しては河川管理施設の形状を捉えるためには十分である。点群データは対象物の計測を行う度に更新されるため、特定箇所を3次元で最新に更新できるが、その頻度を高くすれば、コストが増える。別時期に計測し、作成した点群データを比較することにより、形状の変化を視覚的に把握できる。本研究では、河川管理施設のより正確な形状とその変化を捉えるため、河川管理施設を3次元の点群データで表現する。

表1 河川管理施設の表現方法の比較

	コスト	作成時間	精度	更新頻度
2次元 地図	既存資料があるため低い	短い	1/2500 1/25000では低い	概ね年1回
3次元 CAD	設計データのコストが高い	作成者に依存する	作成者に依存する	低い
3次元 点群	計測機のコストが高い	計測機に依存する	高い	対象物を計測する毎に更新する

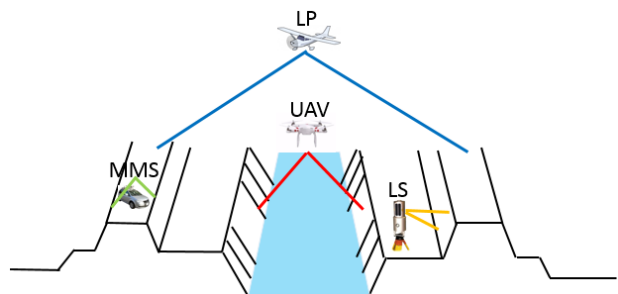


図1 計測機の計測範囲

群データとして物体を表現できる。計測された点は測地座標(x,y,z)で表される。河川管理施設を3次元の点群データで表現することにより、その形状を視覚的に把握できる。コストは2次元地図と比べると高いが、概略の形状を広い範囲で計測できるため、価格の低減が期待される。点群データの作成時間や精度は計測機によって変わるが、精度に関しては河川管理施設の形状を捉えるためには十分である。点群データは対象物の計測を行う度に更新されるため、特定箇所を3次元で最新に更新できるが、その頻度を高くすれば、コストが増える。別時期に計測し、作成した点群データを比較することにより、形状の変化を視覚的に把握できる。本研究では、河川管理施設のより正確な形状とその変化を捉えるため、河川管理施設を3次元の点群データで表現する。

3. 点群データ計測機

本章では、点群データを取得する計測機を測定点数、精度、更新の観点で比較し、3次元モデルの作成に適した計測機を検討する。図1に計測機の計測範囲を示す。

3.1 地上設置型レーザスキャナ(LS)

LSは、レーザを照射し、対象物の点群データを取得する計測機である。LSは広い範囲で高精度な点群データを取得できる。FARO社のFocus 3Dは1秒間で最大976,000点取得でき、測定範囲は最大330m、精度は計測範囲が25mのとき最大±2mmである。河川管理施設では、図1のように河道や堤防に設置し計測する。しかし、死角箇所のデータを取得できないため、機器を移動し、複数回計測

[†]Yuki Kawai and Satoshi Kubota
Graduate School of Kansai University

する必要がある。その際、機器の設置箇所を誤るとデータ欠損や計測に手間がかかるなどの問題が生じる。機器は高価であるため、河川管理者がデータを取得、更新するためには業者へ委託する。

3.2 MMS(Mobile Mapping System)

MMS は、車に搭載したレーザスキャナにより、対象物の点群データを取得する計測機である。主に道路の点群データの取得に用いられ、短時間で広範囲、高精度の点群データを取得できる。三菱電機社の MMS-X320R に搭載されるレーザスキャナ VQ-250 は、1 秒間に最大 300,000 点取得でき、測定範囲は最大 500m、精度は 7m 地点で最大 ±10mm である。しかし、図 1 のように道路沿線でのみ計測できないため、路面周辺のデータしか取得できない。また、機器は高価であるため、河川管理者がデータを取得、更新するためには業者へ委託する。

3.3 航空機搭載レーザプロファイラ(LP)

LP は、上空からレーザを照射し、対象物の点群データを取得する計測機である。短時間で広範囲を計測できるため、国土交通省により河川計測に多く活用されている。しかし、1m²に 1 点程度の取得であるため、河川管理施設の形状を正確に表現することは困難である。精度は ±15mm 程度である。機器は高価であるため、河川管理者がデータを取得、更新するためには業者へ委託する。

3.4 UAV(Unmanned Aerial Vehicle)

建設事業などで UAV にカメラを搭載し、空撮することが増えている。UAV には固定翼型、ヘリ型、マルチロータ型などがある。固定翼やヘリ型は機体が大きく、飛行時間が長いが高コストは高くなる。マルチロータ型の UAV は安価な小型のものもあり、局所を素早く計測できる。そのため、災害時後など臨機応変に計測し、点群データを更新することができる。本研究では、河川管理施設の計測機として小型のマルチロータ型 UAV を用いる。

SfM(Structure from Motions)を用いると、UAV で撮影した画像から 3 次元の点群データを生成することができる。SfM は、対象物をカメラで撮影した複数の写真から対象物の点群データを構築する技術である。図 2 は、大阪府泉佐野市の樫井川の点群データである。計測範囲は川幅約 50m、延長約 150m とし、UAV で撮影した約 4 分間の動画を 344 枚の画像に分割し、点群生成ソフト PhotoScan を用いて点群データを生成した。容量は 1.01GB、点数は 25,248,632 点である。点密度は約 3500 点/m² となり、300 枚程度の画像から高密度の点群データを得ることができる。精度は写真測量、点群生成のソフトによって異なる。

4. 3次元モデルを活用した河川維持管理システム

著者らは、文献[1]において、UAV に搭載したカメラによる 3 次元モデルを用いた河川管理施設の維持管理システムを提案した。そのシステム構成を図 3 に示す。

河川維持管理システムでは、点検結果や補修情報を 3 次元モデルと紐づけて表示する。これにより、情報の蓄積、参照を可能にする。さらに、図 4 のように点検、補修箇所にマーカを表示することにより、2 次元地図より当該箇所が把握しやすくなる。

また、2 つの 3 次元モデルの形状の違いを可視化することもできる。同じ河川を災害前後などで計測し、作成した 3 次元モデルの差分を可視化することにより、点検すべき箇所の迅速な把握が可能となる。

表 2 点群データ計測機の比較

	測定点数	精度	更新
LS	976,000/秒	±2mm ¹⁾	委託
MMS	300,000/秒	±10mm ²⁾	委託
LP	1/m ²	±15mm	委託
UAV	3500/m ² ³⁾	点群生成ソフトによる	随時可能

- 1) 計測範囲 25m
- 2) 計測範囲 7m
- 3) 計測範囲川幅約 50m、延長約 150m、画像 344 枚



図 2 樫井川の 3 次元点群データ

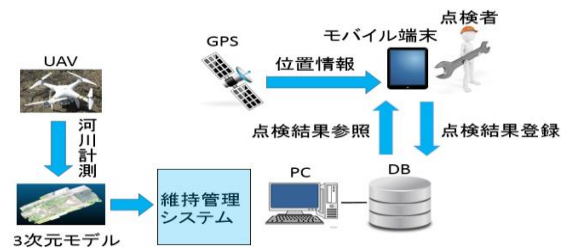


図 3 システム構成



図 4 点検箇所のマーカ表示

5. おわりに

本研究では、河川管理施設の形状を正確に表現するために、河川管理施設を 3 次元の点群データで表現することにした。また、その計測機として、コストやデータ更新のしやすさから、小型の UAV を用いることとした。以上の検討を踏まえた 3 次元モデルを、河川維持管理システムに活用することを考え、点検箇所の可視化、3 次元モデルの差分の可視化を提案した。

参考文献

- [1] 河合悠希, 窪田諭: 3次元モデルを用いた河川管理施設の維持管理システムの提案, 情報処理学会研究報告, Vol.2015-IS-134, No.4, pp.1-6, (2015).
- [2] 宮武一郎, 田村利晶, 盛伸行, 岡井春樹, 高岸智紘: 築堤事業の設計における CIM の適用についての一考察, 土木情報学シンポジウム講演集, 土木学会, Vol.39, pp.1-4, (2014).
- [3] 藤田陽一, 星野祐司, 小林一郎, 水野純生: 複数の既存データを併用した河川管理 CIM モデルの提案, 土木情報学シンポジウム講演集, 土木学会, Vol.40, pp.41-44 (2015).