

河川内の状況を把握する 三次元表示システムについて

井上 恭介¹・間野 耕司²

¹近畿地方整備局 浪速国道事務所 淀川左岸線延伸部出張所 (〒573-0094 大阪府枚方市南中振3-2-3)

²株式会社 パスコ 事業統括本部 新空間情報部
(〒556-0017 大阪市浪速区湊町2-2-45 オンテックス難波ビル3F)

本稿では、河川管理をする事務所において、三次元データを活用できる環境を構築することを目的に、河川管理に必要な三次元データの整備と、システムの構築を検討した。具体的には、姫路河川国情事務所の管轄である加古川を対象に、航空レーザ測深（Airborne Laser Bathymetry : ALB）やマルチビームによる音響測深技術を用いて三次元現況地形データを整備するとともに、河川内の状況を把握するわかりやすく表現でき、さらに河川におけるCIMの活用を意識したシステムの構築を検討した。

キーワード CIM, 三次元データ, ALB, システム検討

1. 背景・目的

Construction Information Modeling/Management (CIM)は、計画、調査、設計段階から三次元モデルを導入し、その後の工程である施工、維持管理においても三次元モデルを連携・発展させることで、事業全体にわたる関係者間の情報共有を容易にし、一連の建設生産システムの効率化と高度化を図ることを目的としている^{1,2)}。このCIMの考えや、Information and Communication Technology (ICT : 情報通信) 技術を活用するi-Constructionでは、起工測量や土工部出来高管理において、数量算出や検査のたびに行われている平面図や断面図といった二次元図面を作成する作業を省き、三次元データをそのまま活用することで、建設分野の生産性向上を図る取り組みが行われている。これらの取り組みの基礎となる情報は、三次元データであり、そのデータを多くの場面で活用することが期待されている。現在、多くの施工や建設分野、測量・コンサルティングをする会社などで、三次元データの活用が進んでいるものの、河川の管理事務所では、三次元データの活用が十分に進んでいるとは言えないのが現状である。

そこで、本稿では、河川の管理事務所において、三次元データを活用できる環境を構築することを目的に、河川管理に必要な三次元データの整備と、システムの構築を検討した。具体的には、姫路河川国情事務所の管轄である加古川を対象に、航空レーザ測深（Airborne Laser

Bathymetry : ALB）やマルチビームによる音響測深技術を用いて三次元地形データを整備するとともに、河川内の状況を把握するわかりやすく表現でき、さらに河川におけるCIMの活用を意識したシステムの構築を検討した。

2. 加古川の地域特性を踏まえたデータ整備とシステム構築の方針

本章では、加古川における地域特性を整理し、三次元現況地形データの整備方針と三次元データの活用方針を整理する。

(1) 加古川の地域特性

加古川では、河川整備計画に基づき、既往の最大洪水を安全に流下させる断面確保のため、段階的な河道掘削が進められ、現在、一次掘削が完了し二次掘削に着手している。さらに、近年の台風や集中豪雨の発生に伴い、砂州や干潟等河道の変化や土砂の堆積・浸食等河床状況が頻繁に変化していると考えられる。

こうした現況の加古川の河道内の地形を把握するために、これまで堤防法面や高水敷等地上部では航空レーザ測量を用いて複数年にわたり地形データを計測、整備してきた。一方、水部では、基本的に河口から200m 毎に設置された河川距離標ごとに測線を設け、定期縦横断面量により断面形状を把握してきた。しかし、測線間の地

形情報が不明であるため、測線間の土砂の堆積・浸食状況や河床の状態、滯筋の蛇行や深掘れ等の局所的な地形の変化を把握することができない可能性があり、河川の維持管理において十分な情報が取得できていないという課題がある。

また、事務所では、三次元データの処理が専門的であり操作が難しく、膨大なデータ容量により、多くの作業時間を要してしまうなど、三次元データを活用できる環境が十分に構築されていない問題がある。

(2) 三次元データ整備とシステム構築の方針

加古川の地域特性を踏まえ、データ整備では、河道掘削の状況、土砂堆積の状況、さらに滯筋や橋梁直下等の深掘れ状況等の局所的な形状を把握するために、現況地形を測線による二次元的な地形把握ではなく、面（連続的に三次元地形を取得できる）計測手法を用いることとした。

また、システム構築では、三次元地形データだけではなく、複数年度にわたって整備した航空レーザ測量成果等を集約し、簡単な操作で複数の年次のデータを閲覧できるシステムを構築する。さらに、関係者・関係機関に説明できる機能や工事発注などに利用できる機能を整備することを、システム構築の基本方針とし、設計した。

3. 三次元データの整備

陸上部、水部の地形を面的に取得するため、ALBとマルチビームによる音響測深技術を用いた三次元地形データを整備した。

(1) ALBによるデータ整備

これまで、精緻な河川地形を取得するために航空レーザ測量が多くの河川で利用されてきたが、水部（水面

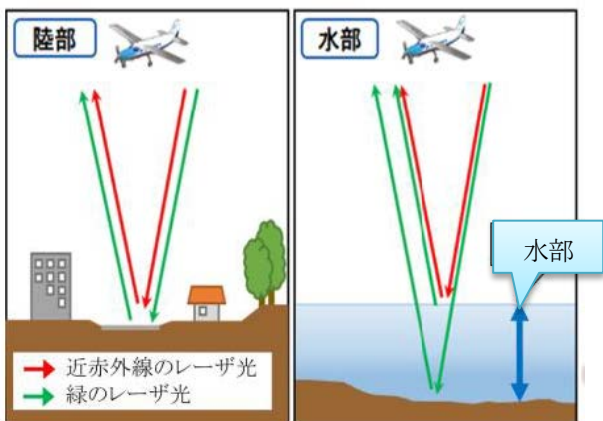


図-1 ALB計測の仕組み

より下) の地形を計測できない欠点があった。ALBは、図-1で示すように、従来の航空レーザ測量で使用していた近赤外線波長帯のレーザスキャナに加え、水中を透過する緑波長帯レーザスキャナを併用することで、水域の

地形データも取得でき、陸域・水域の連続的かつ面的な河道形状を把握することが可能である。近年、多くの河川で実用されて始めている。本データ整備では、Leica Geosystems社のChiroptera IIを用いた。ただし、ALBは、濁りの大きい箇所や、測深能力を上回る水深の箇所では計測ができない課題がある。

(2) マルチビームによる音響測深によるデータ整備

加古川のALBでは、水深が深く濁度の大きい河口部、加古川大堰の上流部、及びALBの測深能力より深い箇所において、ALBの欠測箇所が発生した。測深能力は、水質の状況により変動する。今回のALB計測では、概ね水深2.5m以深が測深能力より深い箇所となった。こうした欠測域に対して、Teledyne Benthos社製のC3Dを用いてマルチビームによる音響測深を実施した。この音響測深は、船に音響測深を搭載し、図-2に示すように扇状に発振する音波によって面的な河床形状の計測ができる。

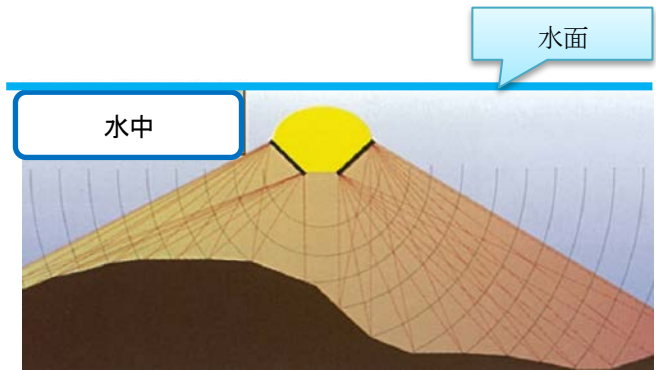


図-2 C3D計測の仕組み

(3) 面的な三次元地形データの整備

こうして得られたALB成果とマルチビームによる音響測深成果を結合することで、面的な三次元現況地形データを整備した。図-3に加古川の標高段採図を示す。この図より、水部・陸部がつながった面的な三次元地形データが整備できていることが確認できる。

(4) 河床計画高を用いた三次元データの整備

土砂が堆積している箇所や深掘れ箇所をわかりやすく表示（見える化）するために、計画河床高を用いた三次元データを整備した。

加古川の河川縦断図には、河川距離標ごとに計画河床高が設定されている。河川距離標間の測線ごとに計画河床高を設定し、測線間を線形による内挿補間を施すことで三次元計画河床高モデルを整備し、このモデルと三次元地形データを用いた差分解析を行う。図-4はその一例として、計画河床高と三次元地形データの差分解析結果を色分け表示したものであり、計画河床高を基準に高い堆積した箇所が、色分け表示によりわかりやすい表示できることが確認できる。また、計画高より局所的に低い箇所は深掘れとして認識することもできる。

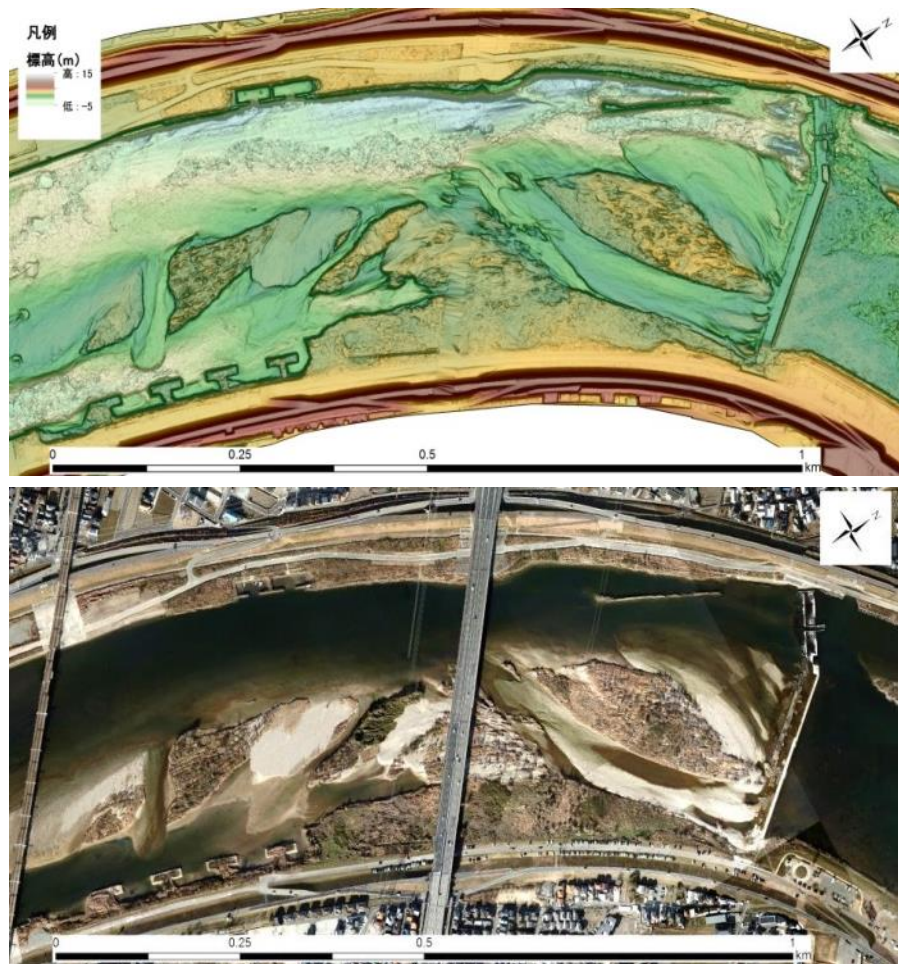


図-3 三次元現況地形データを用いた標高段採図（上段）写真地図（下段）

三次元データは、GIS（Geographic Information System）で利用できるデータとして整備した。GISとは、地理情報システムと訳され、地理的位置を手がかりに、位置に関する情報を持ったデータ（空間データ）を総合的に管理・加工し、視覚的に表示し、高度な分析や迅速な判断を可能にする技術である。4章で記載する三次元表示システムは、三次元で表示可能なGISをベースに、河川の維持管理に利用できる機能を備えたものである。

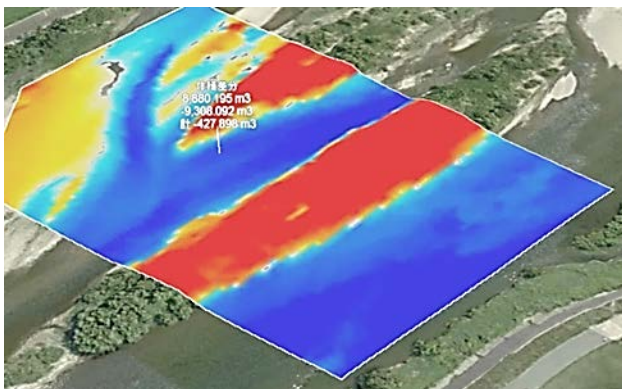


図-4 河床計画高と三次元地形データによる標高の比較表示例

4. 三次元表示システムの構築

前章までに整備した三次元データを活用できるシステムの構築を検討した。本章では、このシステムの基本的な機能、関係者・関係機関への説明に利用できる機能、および工事発注などに利用できる機能に分けて、それら機能を説明する。

(1) 基本機能

図-5に本システムを運用するPCの外観を、図-6に本システムの表示画面をそれぞれ示す。このシステムは、三次元地形データを鳥瞰表示することができ、Google Earthと同様にマウスによる操作で直感的に視点を操作することが可能である。一般的に航空レーザ測量成果や、航空写真地図は、国土基本図の図郭単位に整備する。加古川の上流から下流を閲覧する場合、これまで複数の成果を読み込む必要があり、また画像データであるため表示サイズの変更を行うと、画像によって鮮明にならない場合もあった。このシステムでは、上流から下流まで全体を表示できる縮尺から、成果が持つ詳細な解像度が表示できる縮尺まで、高速かつスムーズに表示できるシームレス化が行えた。また、航空写真地図やALBデータといった三次元地形データだけではなく、GISデータや、

位置データを取得した写真データ等空間情報データを重ね合わせて表示できる。これにより様々な空間情報をシステム上に一元管理することが可能となり、今後同様のデータを取得することで複数のデータを一度に比較が行えるようになる。



図-5 三次元表示システムが導入されているノートPC

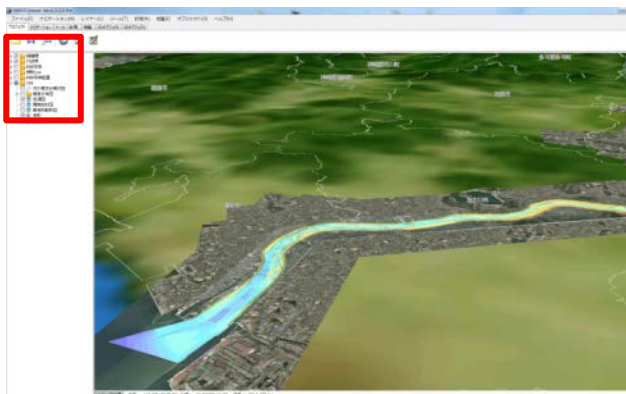


図-6 基本画面の表示(上段) レイヤ画面拡大(下段)

(2)関係者への説明で利用できる機能

加古川の現況地形をわかりやすく表示するために、任意の範囲で、詳細な標高間隔の等高線や標高段採図を生成できる機能(図-7)や、任意の水面標高値を設定し、その水面より高い箇所、低い箇所を表示できるレベル湛水表示機能(図-8)などの多彩な表示機能、さらに、距離や面的を表示できる計測機能(図-9)も整備した。これらの機能により、詳細な地形起伏をわかりやすく表示でき、関係機関協議等、現場のニーズや表現の方法(サイズ・色等)を適宜調整した説明資料として利用することができる。

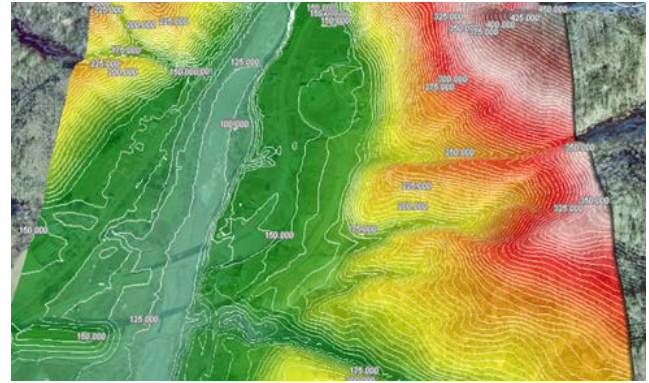


図-7 等高線・標高段採図の表示例

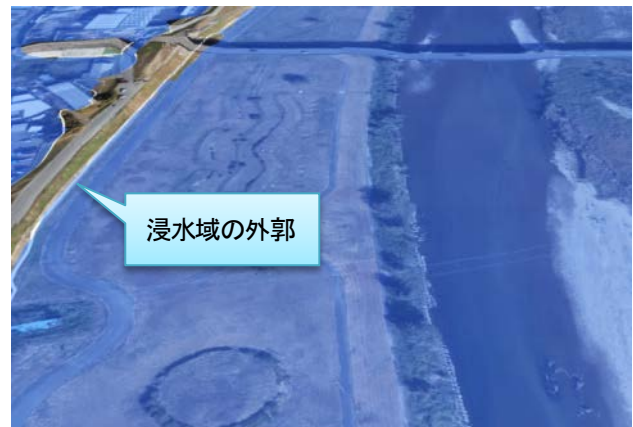
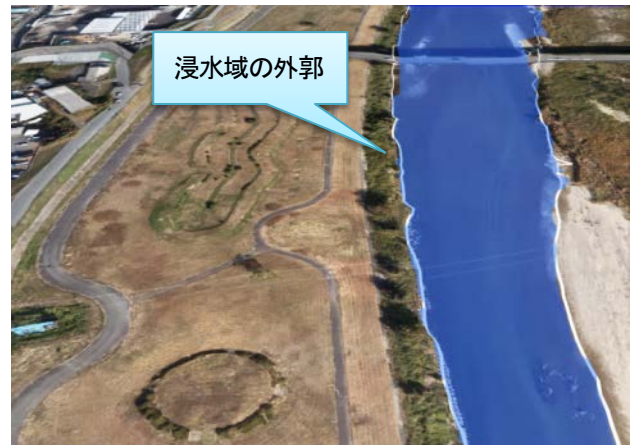


図-8 レベル湛水機能の表示例
上段：レベル上昇前，下段：レベル上昇後



図-9 面積表示例

(2) 工事発注などに利用できる機能

工事発注では、工事の数量・概算費用を算出するために、従来は定期縦横断測量で取得した側線ごとの断面図を用いた。こうした積算・工事発注に関わる作業を円滑に行うために、断面図作成機能を整備した。

この機能は、任意の測線を設定し、三次元地形データから断面形状を作成する機能である。さらに、図-8に示すように、測線を設定し、その測線を一定間隔で横断する断面形状を表示し、CADデータとして書き出すことが可能である(図-10、図-11)。簡単な操作で任意の区間と感覚で断面図を作成することができ、河川の管理事務所でも活用できることが確認できた。

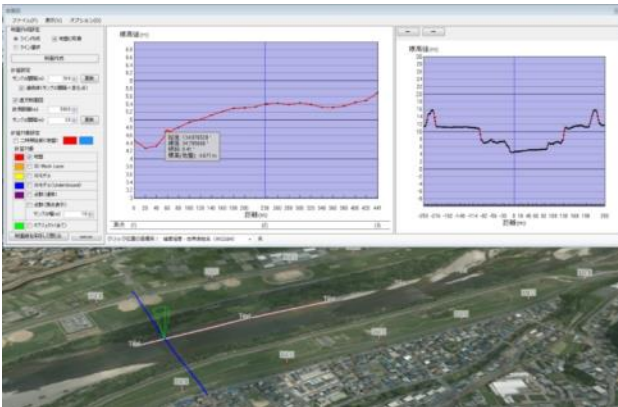


図-10 断面作成機能の表示例

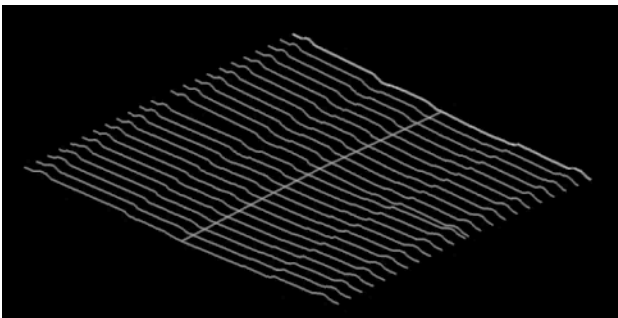


図-11 断面作成機能で生成したCADデータ

5. まとめ

本稿では、河川管理をする事務所において、三次元データを活用できる環境を構築することを目的に、河川管理に必要な三次元データの整備と、システムの構築を検討した。

三次元データの整備では、面的な河道形状を再現し、システムの構築では、関係者への説明で利用できる等高線・標高段採図やレベル湛水機能、工事発注などに利用できる断面図作成機能を整備することができた。

今後は、構築した三次元表示システムを実際の河川管理の現場に適用し、三次元データの積極的な活用を図り河川CIMの展開につなげていきたい。

※本稿は著者が姫路河川国道事務所調査課所属時の担当内容である。

謝辞：本論文の執筆にあたって測量業者の(株)パスコの関係者には資料提供等様々な面で多大なご協力頂きました。また姫路河川国道事務所、関係職員の皆様には多方面からご指導、ご助言を受け作成することができました。本紙面をお借りして、深く感謝の意を表します。

6. 参考文献

- 1) 国土交通省CIM導入推進委員会：CIM導入ガイドライン(案) 第1編 共通編 (2017).
- 2) 渡邊俊夫, 山本浩一：河川マネージメントを意識した福井版CIMモデルについて, 建設マネジメント技術=Public works management journal / 建設マネジメント技術編集委員会 編, pp.78-84, pp.4-1~6, <https://iss.ndl.go.jp/books/R000000004-I029396273-00>