

河川管理全般での活用をめざした福井河川国道事務所版C I Mガイドライン（案）について

渡邊 俊夫¹・山本一浩²

¹近畿地方整備局 福井河川国道事務所 総括保全対策官 (〒918-8015 福井市花堂南 2-14-7)

²近畿地方整備局 福井河川国道事務所 河川管理第一課 (〒918-8015 福井市花堂南 2-14-7)

A L B (Airborne Laser Bathymetry) (航空レーザ測深) など得た 3 次元点群データと堤防法線の座標データ (属性情報) を組み合わせて構築した河道モデルを C I M に取り入れ, 河川管理の全段階に活用する取り組みを進めている. 現行の「C I M 導入ガイドライン (案) 第 3 編 河川編 (H29.3) (国土交通省 C I M 導入推進委員会)」に記載されている, 調査, 設計段階の堤防・構造物モデルにこの河道モデルを加えることにより, 汎用性のある河川管理全般の広範囲に活用できるガイドラインを作成した. これを福井河川国道事務所版 C I M 導入ガイドライン (案) として示すものである.

キーワード 河道モデル C I M 導入ガイドライン (案) 河川管理 (マネージメント)

1. はじめに

福井河川国道事務所では, A L B (Airborne Laser Bathymetry) (航空レーザ測深, 「以下, A L B という.)」などで得た 3 次元点群データと堤防法線の座標データ (属性情報) を組み合わせて構築した河道モデルを C I M に取り入れた.

これを福井河川国道事務所では, 福井河川国道事務所版 C I M モデル, (以下, 福井 C I M モデルという.) として位置づけ, 河川管理の全段階に活用する取り組みを進めている.

C I M モデル作成のガイドラインとして, C I M 導入ガイドライン (案) 第 3 編 河川編 (H29.3) (国土交通省 C I M 導入推進委員会) (以下, C I M 導入ガイドラインという.) が出されているが, 記載されている調査, 設計段階の堤防・構造物モデルにこの河道モデルを加えることにより, 計画段階の検討ができる. これを福井河川国道事務所版 C I M ガイドライン (案), (以下, 福井 C I M ガイドラインという.) として, より河川管理全般に活用できるガイドラインを作成した.

C I M 導入ガイドラインの設計, 施工段階中心の活用から調査, 計画, 維持管理段階へも活用範囲が広がる C I M モデルとなることを期待して, 福井 C I M ガイドラインを示すものである.

いて, A L B など得た 3 次元点群データ (地形モデル) と, 堤防法線の座標データ (属性情報) を組み合わせて構築した河道モデルを福井 C I M モデルとしている.

地形モデルとは, A L B (図-1) による 3 次元点群データからノイズ除去を行って作成したオリジナルデータ, さらに建物・建築物, 樹木・植生の高さも除去するフィルタリングを行ったグランドデータにより現況地形を 3 次元データで表現するもので河川区域内の現況地形 (堤防, 低水路, 高水敷, 堤防法線) も対象に作成した C I M モデルである (図-2).

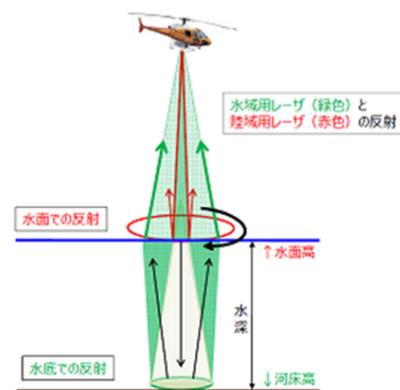


図-1 A L B による測深イメージ

2. 福井河川国道事務所版 C I M モデルの概要

(1) 概要

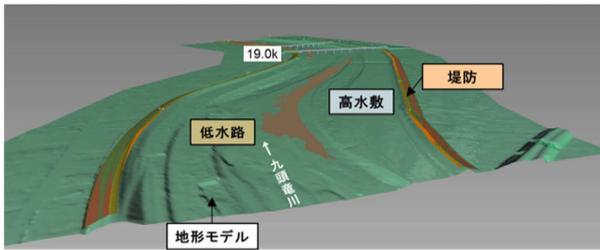
九頭竜川 18.0~29.0k (約 11km) の河川区域にお

使用データの概要は以下のとおり.

○使用データ: A L B による点群データ

□航空機: ヘリコプター

□グリーンレーザ: ライカ社 Chiroptera II (80g)



■ : 現況地形 ■ : 堤防 ■ : 低水路内掘削範囲

図-2 地形モデル

- 計測密度：陸域 45 点/m², 水域 3 点/m² (再掲)
- 精度：標準偏差は、陸域：0.2m 未満, 水域：0.1m 未満
- メッシュサイズ<詳細度>
 - 0.5m<詳細度 300 に概ね対応
- 単位系
 - m 単位
- 使用ソフト
 - AutoCAD Civil 3D 2018 (AUTODESK) 【モデル作成 (施工図変換)】
 - ReCap (AUTODESK) 【モデル作成 (レーダースキャン及びA L B航空写真からの変換)】
 - AutoCAD (AUTODESK) 【モデル作成 (3D) 作成】
 - Autodesk Navisworks 2018 (AUTODESK) 【モデル表示 (モデル統合)】

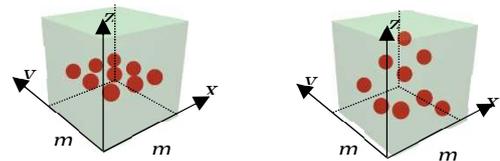
属性情報とは、地形モデルに堤防法線の座標データを付与するものである。堤防法線は、距離標毎に設定されている堤防形状の基本となる計画堤防断面と関連づけ、堤防設計や許可工作物の協議等に使用される重要な情報である。以下に、属性情報である堤防法線データの作成および河道モデルの設定方法を説明する。なお、堤防法線は現況堤防の川表側法肩を堤防法線とする。

(2) 点群データ分散値を用いた堤防法線データの作成と河道モデルの設定

既に完成している堤防法線に関しては、現況堤防の法肩を堤防法線とし、河川管理基図との整合を図ることとした。この方法を以下に説明する。

堤防法肩は堤防天端から法面に变化する場所であり、レーザ計測における点群データのバラツキにより判断する。図-3 のように、天端のような平坦な場所では点群のバラツキが小さく、法面のように勾配が变化する箇所では点群のバラツキが大きい。このバラツキを定量的に把握するため、今回はあるメッシュサイズの中にある点群データの分散値を利用した堤防法線の抽出を試みた。図-4 の「白」または「水

色」部から「ピンク」に変化する境界を堤防肩として抽出する(図-4(a))。抽出したラインから曲率を持たせた円弧と直線で平面線形を設定する(図-4(b))。平面線形には高さ情報がないため、距離標にある計画堤防高により縦断線形を設定する(図-5)。



バラツキが小さい = 堤防天端
バラツキが大きい = 法面・擁壁

図-3 分散解析のイメージ

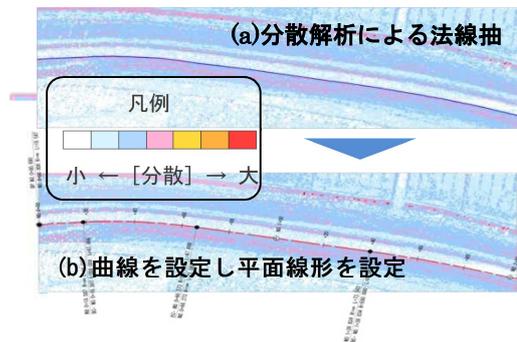


図-4 平面線形の設定

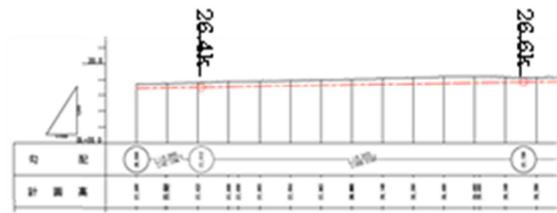


図-5 縦断線形の設定

完成していない箇所の堤防法線については、前述と同様に、河川管理基図の平面線形に高さ情報を付与し3D堤防法線とする。

以上の作業を対象区間の左右岸で行うことで、属性情報を持つ堤防法線データができる(図-6)。

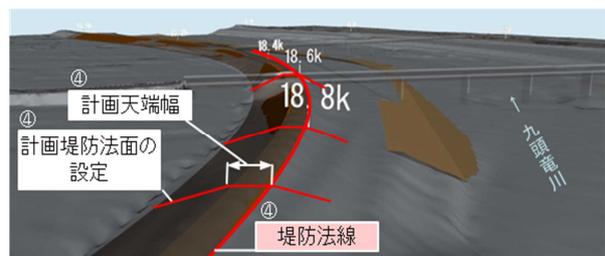


図-6 属性情報を持つ堤防法線データ

作成した3D堤防法線と、3DCADにより点群データを付与することで、これらから河川区域全体の水域を含む現況地形（堤防、低水路、高水敷、堤防法線）の3次元点群データの座標を位置づけ、加えて、河川計画緒元（左右岸計画堤防緒元、堤防計画高、HWL等）を含めたモデルを作成することで、河道モデルが完成する。（図-7）

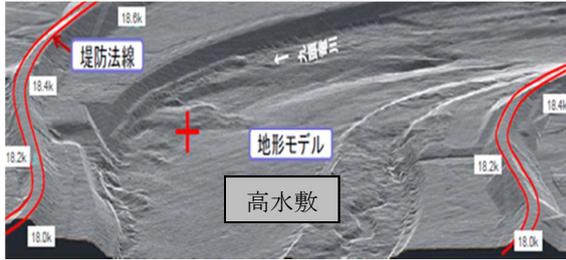


図-7 河道モデル

(3) 福井河川国道事務所版CIMモデルの概念

河道モデル（CIMモデル）を作成することで、計画堤防、高水敷、低水路等、現況地形表現が座標を持つ。これにより、現在CIM導入ガイドラインに記載されている堤防・構造物モデルの調査、設計、施工、に加えて、計画、維持管理の概念を入れて、河川管理（マネジメント）の全段階において、CIMモデルを活用することを福井CIMモデルの概念としている（図-8）。

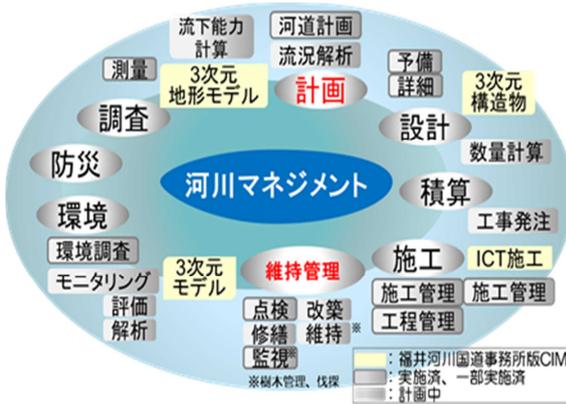


図-8 福井河川国道事務所版CIMモデルの概念

2. CIM導入ガイドライン（案）(H29.3) との比較

平成29年3月にCIM導入ガイドラインが策定された。このうち、第3編 河川編にこの福井CIMモデルを当てはめた場合の追加項目を考察した。項目内容としては、適応範囲、モデル詳細度、CIMの効果的な活用方法、調査（事業計画）、設計段階、CIMモデルの作成、河道モデルの作成指針、維持管理、維持管理段階での活用、河道モデルの河道管理への適用となる。

(1) 適応範囲

CIM導入ガイドラインでは、調査、設計主体での活用を考慮しており、「河川堤防及び構造物（樋門・樋管等）を対象に調査・設計段階で堤防・構造物モデルを作成すること、作成された堤防・構造物モデルを施工時に活用すること、更には調査・設計・施工の堤防・構造物モデルを維持管理に活用する際には適用すること」が記述されている。河道モデルの要素を加えるとこれに、計画の要素が加わり「更には河川区域全体を対象に調査・計画・設計段階で河道モデルを作成し、作成された河道モデルを施工及び維持管理に活用する際に適用する.」という表現を加えるCIMモデルの作成の流れとなる（図-9）。

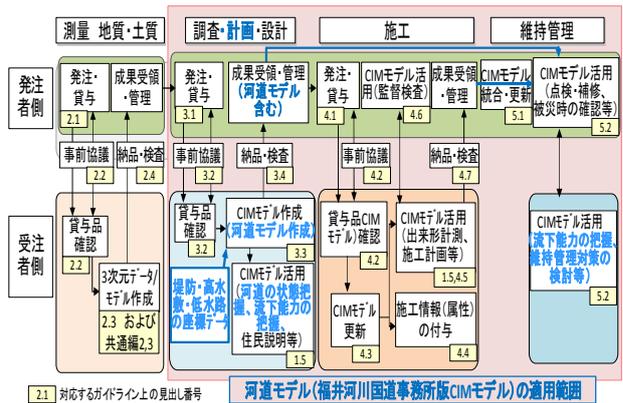


図-9 CIMモデルの作成の流れ

(2) モデル詳細度

CIMモデルをどこまで詳細に作成するかを示すもので、各々作り手によって、精度（見えるきめ細かさ）が異ならないように設定するものである。CIM導入ガイドラインでは、以下詳細度の定義がされているが、福井CIMモデルでは、具体的なメッシュサイズを当てはめて、解り易くした。実際の活用にあたっては、どの詳細度、メッシュサイズで活用する目的に合わせて吟味して使用する。

■詳細度 100（メッシュサイズ5m程度）

対象を記号や線、単純な形状でその位置を示したモデル。（図-10a）

■詳細度 200（メッシュサイズ2m程度）

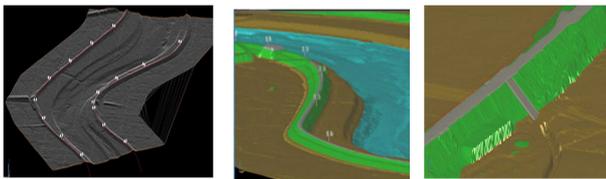
対象の構造形式が分かる程度のモデル。標準横断で切土・盛土を表現、又は各構造物一般図に示される標準横断面を対象範囲でスイープさせて作成する程度の表現（図-10b）。

■詳細度 300（メッシュサイズ0.2m~0.5m程度）

附帯工等の細部構造、接続部構造を除き、対象の外形形状を正確に表現したモデル。（図-10c）

■詳細度 400（メッシュサイズ0.1m程度）

詳細度 300に加えて、附帯工、接続構造などの細部構造及び配筋も含めて、正確にモデル化する。



詳細度 100

詳細度 200

詳細度 300

図-10a

図-10b

図-10c

※詳細度 400 メッシュサイズは 0.1 m 程度であるが、今回、陸上部でこの精度の測量データは取っていない。

(3) CIMの効果的な活用方法

CIM導入ガイドラインでは河川堤防及び構造物（樋門・樋管等）の設計段階、施工段階の活用事例が記述されている。たとえば、調査・設計段階の内容が主体であるため、

■活用方法① 設計時の仕上がりイメージ確認と記されている。

福井CIMモデルで河道モデルの項目が加わることで、計画段階における以下の活用方法が加わることが考えられる。

■活用方法① 河道計画諸元の確認

■活用方法② 堤防の状態把握

■活用方法③ 河道の現状把握

（みお筋、砂州、瀬淵、河岸侵食、樹木分布等）

■活用方法④ 流下能力の把握

■活用方法⑤ 河道の時系列変化把握

具体的な活用内容は、4. CIMの効果的な活用方法で後述する。

(4) 調査（事業計画）・設計段階

CIM導入ガイドラインでは、「3. 調査・設計」として、河川堤防及び構造物（樋門・樋管等）を対象にしたモデルを作成し、そのモデルを設計段階、施工段階へ活用することを中心に記述されている。

結果的に、調査、計画、維持管理段階の記述が少ない。福井CIMモデルでは「3. 調査・設計」に計画の要素を加えることで、河道の状態把握、流況解析、計画立案も行うことができるCIMモデルの作成指針を追記した。

具体的には以下の下線部分となる。

3. 調査・計画・設計

調査（事業計画）、計画、設計段階では、前工程で得られた成果を活用し、河川の状態把握、分析、計画の成果、河川堤防及び構造物の設計成果としてCIMモデルを作成する。

(5) CIMモデルの作成（堤防法線データの付与）

CIM導入ガイドラインでは河川堤防CIMモデル作成指針の中で、「堤防線形を表現可能なモデルでの作成または線形情報を別途モデル化することが望ましい」とされている。

福井CIMモデルの作成手順をあてはめると、以

下の表現が加わる。

「現況地形（陸域・水域）の測量データを用いて作成した地形モデルに、堤防法線の座標データ等の属性を付与、あるいは堤防法線の線形モデルを関連付けたモデルを河道モデルとする。

具体的には、レーザ測量等で得られた点群データによる地形モデルに対し、堤防法線座標データ等の属性を付与し LandXML 形式で納品することとする。

なお、地形モデル作成においては、必要に応じて ALB、音響測深等の測量手法により水域の河床数値標高が把握できる点群データを適用する。」

福井CIMガイドライン本文で言えば、以下河道モデルの基本的な考え方の項目が無いいため、福井CIMモデル作成対象として以下の考え方を追加する。

作成するCIMモデルは、河川区域全体の水域を含む現況地形、定規断面の堤防法線を対象とする。加えて、河川計画諸元（計画堤防諸元、堤防計画高、HWL 等）等、設計に関わる基本的な重要条件は明記するものとする。

【解説】

調査、計画段階においては、堤防、低水路、高水敷の状態把握、状態把握を踏まえた分析、計画を目的に、ALB等による点群データ（地形モデル）と堤防法線の座標データを組み合わせてCIMモデル（河道モデル）を作成する。

(6) 河道モデルの作成指針(LP計測におけるフィルタリング)

CIM導入ガイドラインでは、レーザ測量による点群データからノイズを除去することにより作成したオリジナルデータから、建物、植生等を除去（フィルタリング）し作成したグランドデータを地形モデルとされている。

福井CIMモデルでは、オリジナルデータによる建物、植生等の数値標高、あるいはオリジナルデータとグランドデータの差分から建物、植生等の高さとして分離して利用する。

具体的な表記としては、以下となる。

なお、オリジナルデータによる建物、植生等の数値標高、あるいはオリジナルデータとグランドデータの差分から建物、植生等の高さとして分離し、必要に応じて利用する。

(7) 維持管理（維持管理段階の修正）

CIM導入ガイドラインでは、維持管理段階のモデルとして、測量、地質・土質、調査・設計、施工の各モデルを統合した維持管理モデルを作成し、維持管理に活用することが記述されている。

福井CIMモデルでは、「調査・計画・設計」で作成した河道モデルに維持管理において必要な情報を属性として付与することにより、維持管理段階に活用する。

よって、福井CIMガイドラインでは、以下下線の部分が追加となる。

発注者は、工事完了に当たり、設計業務や複数工事（土堤工事、護岸工事、樋門・樋管工事等）で納品されたC I Mモデルを管理区分（範囲）で統合の上、共有サーバ等に格納し、維持管理段階で事務所・出張所職員等が共有・活用できるようにすることが望ましい。

また、必要に応じて、維持管理での使用用途に応じC I Mモデルを更新することが望ましい。なお、設計・施工で作成したC I Mモデルについても、災害対応や施設更新時に必要となることから、あわせて保管、共有できるようにすることが望ましい。

なお、維持管理段階では各河川の距離標で対象位置を確認している。C I Mモデルを活用する場合でも、この距離標をC I Mモデル上に表現すると共に属性として付与することが望ましい。

河道モデルの場合は、地形モデルと堤防法線座標を組み合わせたモデルであり、計画諸元や堤防法線座標を基準として各種変状の把握や対応策の検討が可能であるため、河川管理の各段階で更新された最新の河道モデルがそのまま維持管理に適用可能である。

(8) 維持管理段階での活用

C I M導入ガイドラインでは、資料検索の効率化、劣化・損傷原因の究明と対策工選定の適切な判断等、河川構造物の維持管理に関する活用事例が多い。福井C I Mガイドラインでは、河道の状態把握（点検、監視）、分析、対策検討に関する活用事例を追加した。

以下の項目が追加となる。

【河道の状態把握】

【堤防の点検（その1）】

堤防天端、堤防断面の面的な変状の把握（距離標間の形状把握）

【堤防の点検（その2）】

堤防法面の面的な変状の把握（距離標間の形状把握）

【河岸侵食対策】

【橋脚等と周辺の洗掘状況把握】

【流下能力の詳細把握】

(9) 河道モデルの河道管理への適用

C I M導入ガイドラインでは河道モデルの河道管理への適用する表現がないため具体的に以下本文を追加する。

「河道モデルの河道管理への適用」

河道モデルは、水域を含めた3次元地形モデルと堤防法線座標を組合せたモデルであり、3次元地形と河道計画諸元の位置関係を明確にしているため、河道管理に適用可能である。

4. C I Mの効果的な活用方法

C I M導入ガイドラインでは、レーザースキャナー、A L B、音響測深等によって得た3次元地形デ

ータと設計・施工時の3次元モデルを重ねることで、課題点の抽出や対応策を講じることが可能となり、維持管理の高度化に寄与するとされている。

例として、以下2つを挙げる。

例①堤防の高さが合わない箇所や法面が連続していない箇所があることが判明(図-11a)。

例②樋門の座標値に誤りがあったため、堤防に対して樋門の位置が川側に突出していることが判明。(図-11b)

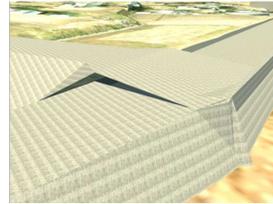


図-11a 堤防不具合



図-11b 樋門不具合

ここに、福井C I Mガイドラインとして、河道モデルを加えることにより、任意地点における計画諸元の確認、定規断面と現況地形との比較、河道の状態把握や分析、それを踏まえた対応策の検討が可能となり、新たな活用事例を加えることができる。以下、事例をいくつか示す。

例③【堤防天端、堤防断面の面的な変状の把握（距離標間の形状把握）】

堤防法線、縦断諸元、堤防断面を3DCADに反映し、堤防部の計画を任意な位置で確認する。

上記に加えてA L Bデータに3DCADと重ね合わせ、整備状況や堤防断面や堤防高不足箇所の確認に活用する。

距離標間の任意の位置において現況河道との重ね合わせにより、堤防断面や堤防高不足箇所を把握可能であり、河道計画における堤防整備や重要水防箇所の選定などへの活用が可能となる(図-12)。

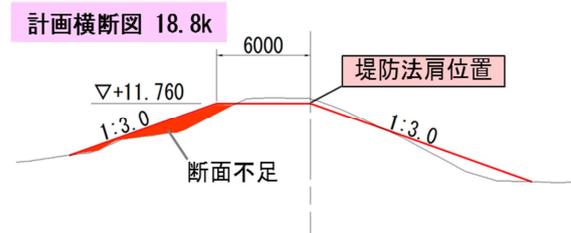
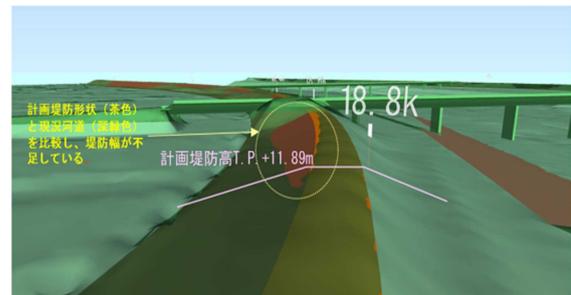


図-12 堤防断面の面的な断面不足

例④【流下能力の詳細把握】

通常の河道管理において、流下能力は距離標毎に算定し、距離標毎（200m 間隔）に治水安全度を評価しているが、距離標間を分割した密な断面毎に流下能力を算定することにより、詳細な流下能力の把握ができる。

（例えば 20m 間隔）が可能となり、より実態に近い流下能力を把握できる(図-13)。

詳細な治水安全度の把握により見落とし等による被害が防止され、治水対策の強化、実質的な治水安全度の向上につながる。

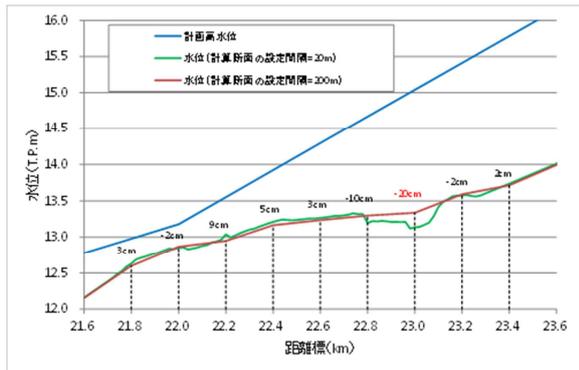


図-13 実態に近い流下能力を把握

例⑤【河道の状態把握】

河道のみお筋、砂州、瀬淵、を把握し、河道の特徴を判読するとともに、過去のLP測量データや定期測量データと比較することにより河道の経年変化を整理し、局所洗掘や樹木繁茂の進行状況や砂州・瀬淵等の微地形の変化を把握する。

3次元モデルにより、治水上の安全性確保や河川環境の保全対策立案の効率化、精度向上が期待できる(図-14)。

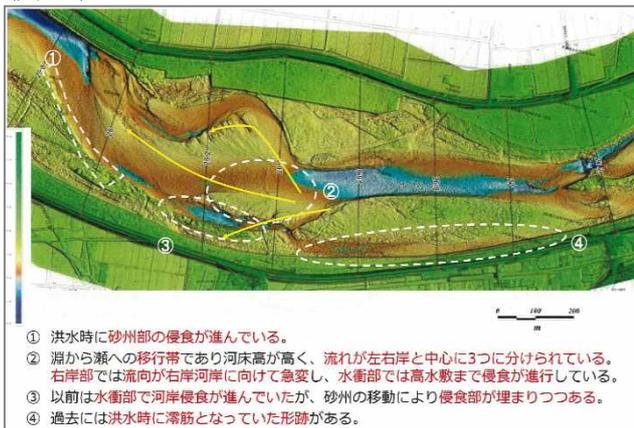


図-14 河道の状態把握

例⑥【河道の時系列変化把握】

複数時点のレーザ測量により得られた現況地形を重ね合わせることで、経時的な量的変化による

樹木の生長速度等を分析し伐採計画を立案するなど、維持管理対策に役立つ。(図-15)

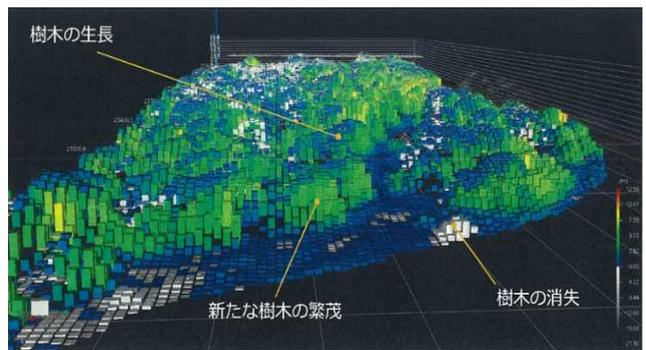


図-15 経時的な量的変化による樹木の生長速度等の分析

5. おわりに

CIM導入ガイドラインで河川編については、「河川堤防及び構造物（樋門・樋管等）を対象に調査・設計段階で堤防・構造物モデルを作成すること、作成された堤防・構造物モデルを施工時に活用すること」になっており、調査、設計主体での活用が考えられている。今回、福井河川国道事務所版CIMモデルで作成した河道モデルをCIMに取り入れることにより、計画、維持管理の概念をガイドラインに加え、河川管理のマネジメントを行う上での汎用性の広がりや、活用事例を示させていただいた。

ただし、これを進めていくには3次元点群データの測量での計画的取得が必要で、福井においては、全管理区間の3次元データ測量採取にはまだ至っていない。また、これら3次元データからの河道モデルへの変換ソフトも種類が少なく、多種の目的に対する効率のよい変換ソフトの開発が望まれる。

CIM導入ガイドラインはここ数年にわたって提言されたもので、毎年新しい項目が加わってくると予測される。この福井CIMガイドラインの事例が今後、CIMモデルの活用の発展に役立ち、河川マネジメントの高度化や生産性向上に生かされることを望むものである。

謝辞： なお、本報告の作成にあたり、土木研究所水環境研究グループ 中村圭吾 上席研究員（前福井河川国道事務所長）からも指導いただいた。ここに感謝の意を表す。

参考文献

- 1) CIM導入ガイドライン(案)(H29.3)(国土交通省CIM導入推進委員会)
- 2) CIMに関する用語集(H25.4, CIM技術検討会)
- 3) 産学官CIM検討会 千曲川河川事務所資料(H26.12)
- 4) 河川縦横断測量におけるALBの活用について(平成29年度近畿地方整備局研究発表論文集【新技術・新工法部門】)(H29.7)