

3次元の多自然川づくり支援ツールの開発と普及

林田寿文・河野誉仁・森 照貴・中村圭吾

1. はじめに

国土交通省は、事業の各段階で3次元モデルの活用を促す河川CIM^{*}の活用を進めている。河川CIMにより、航空レーザ測深（以下「ALB」という。）による3次元地形測量から3次元設計、ICT建設機械を使った3次元施工、そして3次元モデルを活用した河川維持管理を経て、大幅な生産性向上が期待されている。しかし、現行では3次元データを2次元図面に変換し、2次元ベースで設計した後、再度3次元モデルを作成するような非効率な設計の事例が多い。このように、河道計画や設計面では3次元データが有効に活用されているとは言えない。そのため、3次元モデルを使った一連の河川設計法の確立が重要な課題である¹⁾。

また、これまで河道設計に利用されてきたソフトウェアは、主に洪水時における流れと河床変動の解析機能に特化したものが多かった。そのため、多自然川づくりで重要となる河川の自然環境や人の利用について、河道設計段階から検討するための支援ツールが必要とされてきた。

このような課題に対応するために、土木研究所自然共生研究センター（以下「共生C」という。）では、「3次元の多自然川づくり支援ツール（以下「本ツール」という。）」の開発を進めてきた。平成26年度には瀬や淵の面積などから河川環境を簡易に評価できる「EvaTRiP（Evaluation Tools for River environmental Planning、エヴァトリップ）」を開発し、水理計算ソフトに付随させることで治水と環境を並行して検討できるようにした。平成31年度には柔軟に地形編集できる「RiTER Xsec（River Terrain Editor X（Cross）-section、ライタークロスセクション）」を開発し、河川環境にとって重要な複雑な地形についての検討を行いやすくした。さらに、令和2年度には3次元地形データを活用した幅広い河川

環境の分析を目的にEvaTRiPを拡張した「EvaTRiP Pro」を開発し、令和3年度には仮想現実（VR）などを使い河川景観を確認できるツールを提案した。全てのツールは誰もが利用できるように無償で公開しており、河川管理者などに活用してもらうためセミナーなどを通じた普及活動を行ってきた。

本報告は、以上の要点を紹介し、本ツールおよび河川CIMの推進に向けての活用について述べるものである。

2. 3次元の多自然川づくり支援ツールとは

本ツールは、多自然川づくりを進めるのに必要な3次元地形を編集するツール「RiTER Xsec」や河川環境の定量評価ツール「EvaTRiP（Pro）」に加えて河道の治水機能に関する評価を同時に行うため、流れと河床変動の予測を行う無料の水理シミュレーションソフトウェア「iRIC」²⁾と連携させるものである（図-1）。

2.1 地形編集ツール

RiTER Xsecは、3次元地形の編集機能を有するツールであり、河川の瀬淵や水辺など環境保全を行う上で大事な箇所を、河道の横断面や3次元表示を確認しながら検討することが可能である。その結果をiRICに連携させ、設計した河道地形に対して水理計算を行うことで、設定流量における治水の検討ができる³⁾。また、RiTER Xsecは横断面図の編集が平面図と連動するため、編集状況が



図-1 多自然川づくり支援ツールを構成するツール群
(赤枠：土木研究所で開発しiRICに追加した機能)

分かりやすく、これまでの横断面図による設計の感覚で地形を編集できる特徴がある(図-2)。さらに、編集した地形データは、i-Constructionで使用されるLand XML形式で出力できるため、ICT建機に入力できる。そのため、RiTER Xsecによる設計を速やかに施工へと活用することもできる。なお、RiTER XsecはiRIC本体に組み込まれているため、様々な計算ソルバー(河床変動解析などの個別機能)で使用可能である。

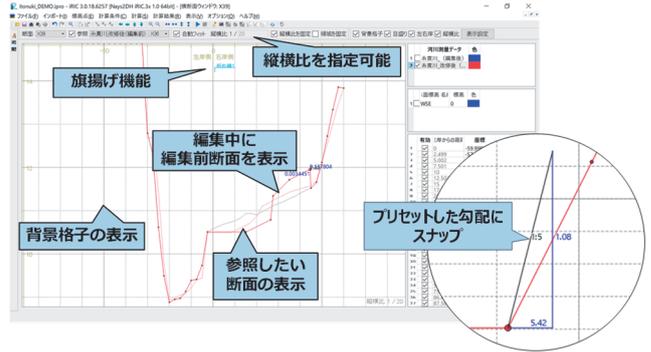


図-2 RiTER Xsecによる横断面編集機能の強化

2.2 河川環境評価ツール

EvaTRiPは、河川環境を評価するためのツールである³⁾。EvaTRiPはiRICと連携させて用いるソルバーであり、iRICのNays2DH(平面2次元水理・河床変動計算)などで水理計算を行った結果を入力することで半自動的に河川環境の評価を行うことができる。機能としては、算出された流速や水深から①護岸の要否箇所の判定、②移動限界粒径の判定、③陸生植物の生育有無の判定、④魚類生息場の評価(PHABSIM法)を備えている。



図-3 EvaTRiP Pro機能の一例(瀬淵判定機能)

EvaTRiP Proは、EvaTRiPをより広い目的で活用するため、柔軟に評価方法を設定できるようにしたツールでありEvaTRiPの上位互換ともいえる。主な機能は、①瀬淵分析として、フルード数による分類⁴⁾としきい値を入力するマニュアル定義による2種類の解析が可能(図-3)、②計算結果の統計分析として、ある格子点の時間的な統計量(任意期間統計量)とある瞬間の指定した領域内の統計量(領域別統計量)を算出する2つの機能があり、それぞれで最大値、最小値、平均値、標準偏差、変動係数の5つの統計量を算出できる。領域別統計量では、水深がしきい値より浅い領域(非冠水領域)を計算の対象から外すことも可能、③変数の合成機能として、入力変数を用いて、フルード数、移動限界粒径、流体力などの任意の計算を行う機能を備えている。EvaTRiPは上述した4つの機能しかないが、EvaTRiP Proは現地のニーズに合わせた様々な解析が可能となる。

3. 河川景観判定に活用するバーチャルツアーと仮想現実

国や地方自治体は、事業実施後の景観を住民などに伝えるために、スケッチパースやフォトモンタージュ、模型などを使用してきた。しかし、これらのツールには一長一短があり、固定された視点からしか確認できない、もしくは実際のサイズや規模感、周辺との関係が分かりづらいといった性質があった。そこで、近年、「バーチャルな空間」の景観への活用が注目されている。「現実」にある世界を「バーチャルな空間」に表現することで、その場所を訪れなくても景観を確認することができる。さらに、「現実」をベースに将来の変化を「仮想現実」として表現すれば、景観の変化を確認することができる。図-4、5に示すように河川改修を予定している地域で360度写真を撮影して整備前の「現実」を確認するバーチャルツアーと、「仮想現実」として整備後を確認するバーチャルツアーを作成すれば、同じ地点(視点場)からの景観を整備前後で比較することができる^{6), 7)}。共生CのHPにて、2つの「バーチャルな空間」の事例とともに作成の手引きを公開している⁸⁾。

令和4年度中には、EvaTRiPで実行可能な機能はすべてEvaTRiP Proに移行する予定である。EvaTRiPとの大きな違いとして、EvaTRiP Proはプログラム言語としてPythonを利用しており、ソースコードを公開している。そのため、利用者は分析方法の変更や追加を行うことができ、拡張性が高いものとなっている⁵⁾。

*土木用語解説：河川CIM



図-4 バーチャルツアー+360度写真による改修前の状況



図-5 バーチャルツアー+仮想現実による改修後の状況
(河道掘削の状況や桜並木を確認できる)

仮想空間の活用により、異なる場所にいる複数人が整備前の状況を確認しながら計画や設計について議論することができ、さらには整備後のイメージを共有することができる。

4. 3次元の多自然川づくり支援ツールの普及

共生Cは、3次元の多自然川づくり支援ツールを開発するとともに、オンラインセミナーやオンデマンド配信を通じて、操作方法などの解説を河川管理者、建設コンサルタント、大学の研究者を対象に行ってきた。これまでにオンラインセミナーを3回開催したほか、解説動画を公開している（YouTubeにおいて関連動画8本（合計視聴回数 約7,400回（R4.12 現在）））。共生Cでは、本ツールを導入するきっかけとなるように、講習会で用いた資料や解析に用いたデータをHP上で公開している⁸⁾。

令和3年度に国土交通省から発出された事務連絡「多自然川づくりの高度化を目指した河道の3次元設計の実施について」では、本ツールが河川環境評価を行う上での主たるツールとして取り上げられた。また、同じく国土交通省から発出された「多自然川づくりの高度化を目指した河道の3次元設計ツール導入手引きの骨子案」を作成する際にも、共生Cの成果が活用された。国土交通省では令和5年度までに小規模を除く全ての公共工

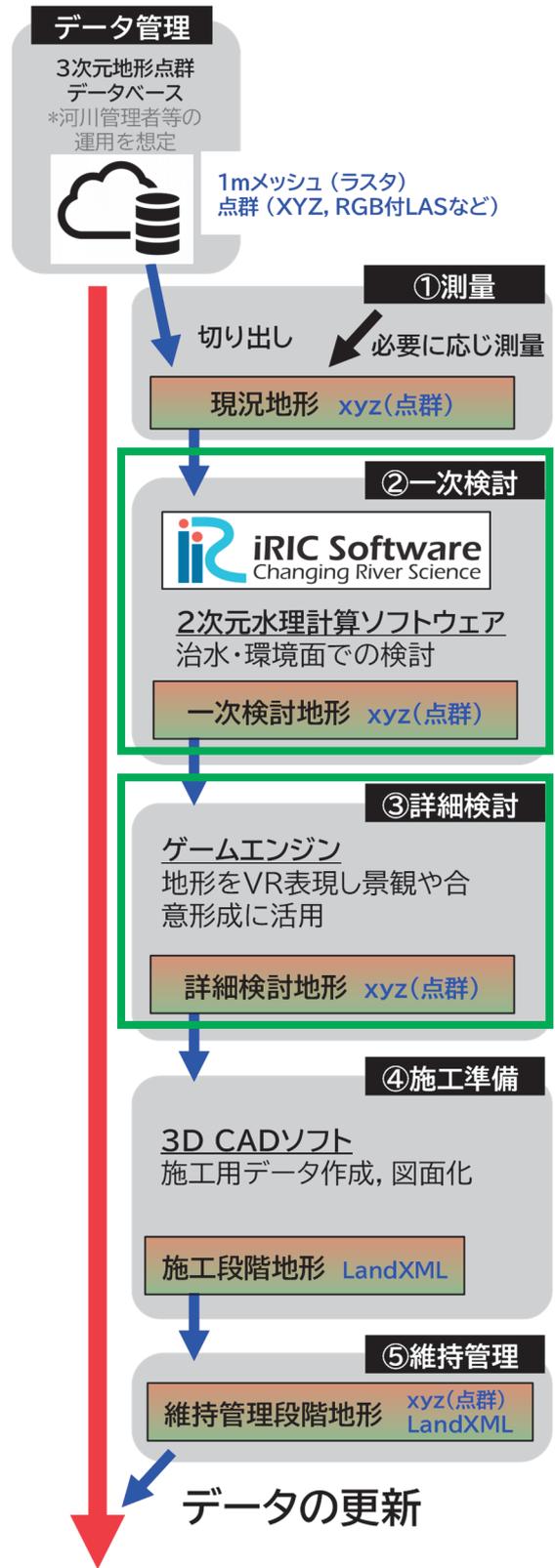


図-6 新たに提案する河道計画・設計プロセス¹⁰⁾

緑枠は「3次元の多自然川づくり支援ツール」が貢献する部分

事でBIM/CIM原則適用の方針が示されており、令和3年度には直轄4河川、令和4年度には直轄2河川の計6河川でRiTER XsecやEvaTRiP Proを用いた「3次元の多自然川づくり」が試行されてい

る。共生Cは本ツールの導入に伴い、各河川の検討において技術支援を行っている。試行が進められている雲出川（三重県）では、平均年最大流量および整備計画流量を対象に、EvaTRiP Proによる瀬淵やアユの産卵場の面積や樹林化の程度の把握、さらには景観に注目した評価が行われている⁹⁾。このようにALBデータを使用して作成した地形に対し、本ツールを用いることで治水と環境を一体で予測評価することができている。また、大河川（直轄）で本ツールを活用するにあたり、地形などの条件設定の留意点や現地調査結果の精度や中長期的な植生動態に関する課題が整理できている⁹⁾。今後も様々な河川で試行し、本ツールの有効性の確認や課題の抽出を行い、機能の拡充を引き続き検討する予定である。

5. 河川CIMへの貢献

共生Cが参加する河川CIM標準化検討小委員会¹⁾では、河川CIMを進める上でデータをアーカイブする部分と施工現場での運用に分けて、相互のやり取りを想定したプロセスを提案している（図-6）¹⁰⁾。本ツールを活用することで河川CIMの推進と、仮想現実（VR）の活用も踏まえた新たな河道計画・設計プロセスの提案を行っている。共生Cで開発を進めた本ツールは、このプロセスの②一次検討や③詳細検討に貢献できるものである。

6. まとめ

本ツールを活用することで、設計した河道の地形について治水と環境の両面から検討することができ、水災害を防ぎつつ良好な環境を有する川づくりを効率的に進めることができる。また本ツールの使用が広く実現することにより、3次元デー

タ使用の推進を進める河川CIMの普及と相まって、我が国の河川管理に格段の進歩をもたらすと考えている。

謝 辞

本研究遂行にあたり、清水康行教授（北海道大学）、吉村伸一氏（(株)吉村伸一流域計画室）、大槻順朗氏（山梨大学）、iRIC UCのみなさま、佐藤隆洋氏（日本工営（株））から有益な助言をいただいた。また、九州地方整備局インフラDX推進室・九州技術事務所と仮想空間に関する研究連携を行っている。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 河川CIM標準化検討小委員会報告書：<https://www.jacic.or.jp/hyojun/2019shouiiinnkai-03.html>
- 2) iRICホームページ：<https://i-ric.org/ja/>
- 3) 林田寿文ら：中小河川における河川CIM支援ツールの開発、土木技術資料、第62巻、第8号、pp30~33、2020。
- 4) Entwistle N., Heritage G., Milan D.: Ecohydraulic modelling of anabranching rivers, River Research and Applications, Vol.35, 353-364, 2019.
- 5) 河野誉仁ら：河川環境評価ツールEvaTRiP Pro の紹介、土木技術資料、第65巻、第2号、pp.48~49、2023。
- 6) 林田寿文ら：景観の評価に活用するバーチャルツアーと仮想現実、土木技術資料、第64巻、第10号、pp55~56、2022。
- 7) 林田寿文ら：バーチャルツアーと仮想現実を活用した河川改修時における河川景観評価手法の提案、河川技術論文集、第28巻、pp445~450、2022。
- 8) 自然共生研究センターホームページ：https://www.pwri.go.jp/team/kyousei/jpn/research/m3_05.htm
- 9) 周月震ら：3次元河道設計ツールを用いた治水・環境の一体検討の施行～雲出川直轄区間を例として～、河川技術論文集第28巻、pp205~210、2022。
- 10) 中村圭吾ら：河川CIM（3次元川づくり）の考え方と標準化に向けた取り組み・課題、河川、(公社)日本河川協会No.884、pp41~45、2020。

林田寿文



土木研究所 流域水環境研究グループ自然共生研究センター 主任研究員、博士（環境科学）
Dr. HAYASHIDA Kazufumi

河野誉仁



土木研究所 流域水環境研究グループ自然共生研究センター 専門研究員、博士（工学）
Dr. KONO Takanori

森 照貴



土木研究所 流域水環境研究グループ 自然共生研究センター長、博士（環境科学）
Dr. MORI Terutaka

中村圭吾



研究当時 土木研究所 水環境研究グループ河川生態チーム 上席研究員、現 リバーフロント研究所、博士（工学）
Dr. NAKAMURA Keigo