

BIM/CIM の推進を支援する環境整備の取り組み

BIM/CIM の推進目的や未来を実現する川田グループにおけるシステム整備の挑戦

Challenge of system development to make it reality BIM/CIM promotion purpose and future.

工藤 克士

川田テクノシステム株式会社
エンタープライズソリューション事業部長

片岡 秀樹

川田テクノシステム株式会社
エンジニア事業部営業統括部長

横山 聡子

川田テクノシステム株式会社
エンジニアリング事業部
カスタマーサービスセンター係長

BIM/CIM は、「Building Information Modeling と Construction Information Modeling/Management」の略であり、2012年に国土交通省によって提言された土木事業の効率化を目的とした取り組みで、海外や民間建築分野で進められていた BIM に倣ってスタートしています。BIM/CIM は、3次元モデルを中心に関係者間で情報共有することで一連の建設生産システムの効率化・高度化を図るものとして取り組まれています。国土交通省では、BIM/CIM の推進を建設関連業に明るい未来をもたらすものと位置付けています。国土交通省によると BIM/CIM は、従来の2次元図面を用いた建設生産・管理プロセスを見直し、3次元モデル等を活用することで、品質確保・向上とともに生産性向上を実現するものとして示されています。本稿では、現在の BIM/CIM の動向を示すとともに川田グループにおけるシステム面での取り組みについての挑戦を紹介します。

1. 国土交通省における BIM/CIM の推進

国土交通省によると、現在、建設業で生産性を低下させている要因の1つは、2次元の紙の図面で各種作業を進めていることがあります。その理由は、2次元図面から完成形状を想像するためには経験が必要であること、紙で情報共有するには回覧や複写する必要があること等、です。自動車産業等の製造業では、既に3次元の電子データ（3次元モデル）を活用した生産性向上を実現しています。そこで、建設生産・管理システムでも3次元モデルを活用すれば生産性の向上が期待できるとして BIM/CIM の推進を行っています。2019年8月に、国土交通省は「BIM/CIM ポータルサイト【試行版】」を開設しています。BIM/CIM の事例集などより情報収集することができるほか、「初めての BIM/CIM」というパンフレットも公開されています。いずれの情報公開ページも、ポイントが簡潔に押さえられており、BIM/CIM の内容を把握することに役立ちます。

その中で3次元モデルは、BIM/CIM におけるインターフェイスとして位置付けられています。また、建設

工程管理や施工管理、施設管理は、データベースやこれに類するデータ管理システムを用いて情報管理され、維持補修情報として活用されるものとして位置づけられています。BIM/CIM は、このインターフェイスとデータ管理を統合管理できることが必要であり、形状・数量・建設物要素のプロパティ、地理情報、管理履歴、情報流通等、様々な情報が含まれることになります（図1）。

この意味するところは、3次元モデルを作成しただけでは BIM/CIM を実施していると評価されないことです。

2. 先進的な BIM/CIM の取り組み

ここでは海外における BIM/CIM の先進的な取り組みについて述べます。BIM（CIM は日本固有の名称）は、欧州が先進国であり、フィンランドやノルウェーが基準や仕組みを策定しています。フィンランドやノルウェーは、BIM 実装におけるグローバルリーダーと称されています。欧州において BIM の3次元モデルが要求された場合、IFC（Industry Foundation Classes の略）による3次元モデルが主流となっています。IFC は、欧州が実施した BIM の成果であり、建設物を構成する全てのオブジェクト（柱、梁、桁等）の体系的な表現方法の仕様を定義しています。フィンランド国立技術研究所らは、IFC 策定や基本ソフトウェアの整備（モデルのビューアや情報付加）、IFC モデルの適正を判断するチェックシステムを整備しました。近年、BIM は、より高度な利用としてモデルに情報を集約するだけでなく、建設ライフサイクル全体を見通したアセットマネジメントや、業務・工事単体でのプロジェクトマネジメントの必要性が重要視されています。アジアでは、シンガポールが先進的です。資源の多くを海外に依存するシン

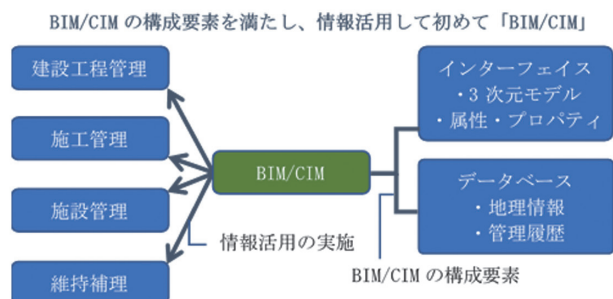


図1 BIM/CIM と言える状態・構成

ガポールは、建設産業の生産性向上が財政上の命題であり、国の建設機関が中心となり BIM の導入を行っています。建築確認申請時に BIM モデルの提出を義務付けるなど BIM 活用を積極的に推進し、さらに、建物だけでなく、国土全体を 3 次元モデル化しようという「バーチャル・シンガポール」というプロジェクトが進められています。バーチャル・シンガポールが目指しているのは、単なる国土の 3 次元モデル化ではなく、都市全体・社会インフラ等、多様な情報のビッグデータ・プラットフォームとして構築すること目指しています。シンガポール政府は、このデータベースを公開し、都市計画や環境計画、防災計画など、多様な分野のシミュレーションを行える情報流通環境を構築するビジョンを持っています（図2）。

日本においても労働人口の減少や厳しい財政事情の



図2 海外の BIM/CIM に関する情報

とシンガポール同様、生産性の向上が重要視されており、3 次元モデルにおける情報管理が一層進行されると思われます。また、日本は、自然災害が多発する地域であり、防災や都市計画の観点でも多様な分野のシミュレーションを行える情報流通環境が必要となってきます。

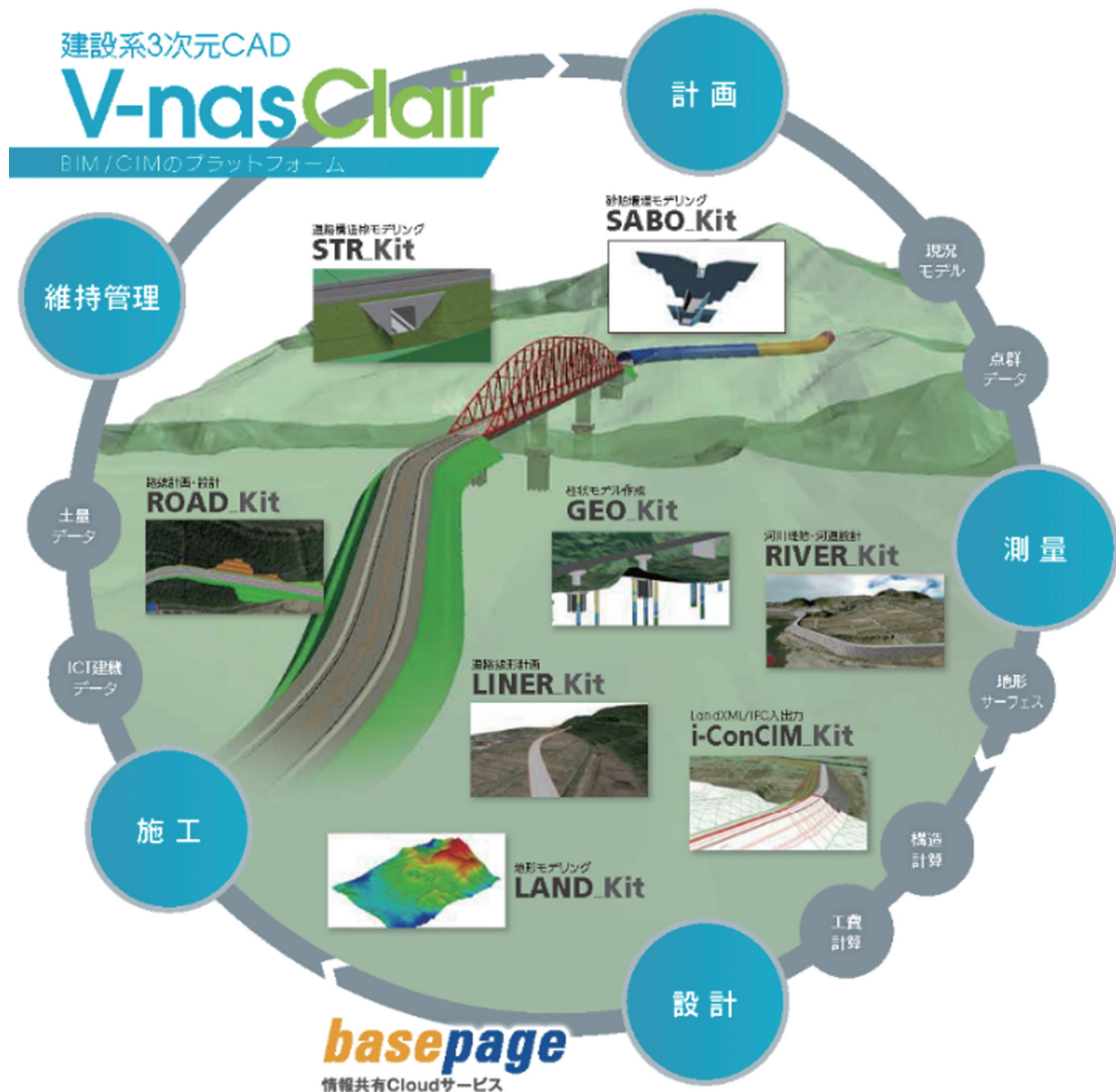


図3 川田グループにおける BIM/CIM システム

3. 川田グループにおける BIM/CIM の取り組み

川田グループでは、これらの状況を踏まえ、BIM/CIM に関するソフトウェアの整備を実施しています(図3)。ソフトウェア整備のコンセプトは、少ないデータで BIM/CIM のインターフェイスである 3次元モデルを生成できること、生成した 3次元モデルに自動で属性情報を付与すること、情報同士を自動で関連付けすることで効果的な BIM/CIM 環境を構築することです。汎用 3次元 CAD システムだけでなく構造物に応じた専用 3次元 CAD システムが必要であるという観点のもとシステム整備を行っています。また、生成したモデルを流通するための環境も併せて構築しています。

以下に川田グループの BIM/CIM に関する取り組みについて 3つのステップに分けて紹介します。

(1) 地形の 3次元化

(BIM/CIM への第一ステップ)

建設現場における BIM/CIM や i-Construction では 3次元地形データの活用は必須となります。近年、レーザスキャナー等の測量器機の進化のもと 3次元点群データや FBX 等による 3次元地形データが流通しています。3次元点群データは、数千万～億単位のカラ要素を持つ点要素のデータであり、そのデータ量は膨大で、そのままの状態では利活用性が低いものとなっています。そこで、システムへの要求性能は、3次元点群データを高速に読み込みでき、操作ストレスが生じない処理を行えることです。川田グループが整備し

ているシステムでは、3次元点群データを高速に読み込む独自技術を内蔵しており、グラフィックボードを搭載していないパソコンでも他社のシステムと比較し数分の 1 から数十分の 1 の時間で点群データを読み込むことができます。また、点群データから格子状の TIN データ(ポリゴンデータ)への変換を行うことで地形データとして利活用できます。TIN データとすることで、距離、面積、体積の計測が可能としています。また、3次元地形データは、3次元点群データのほか多様なデータから生成できることが肝要であることが官公庁や建設コンサルタント、建設会社の利用者ヒアリングで明らかになっています。特に、平面の等高線図から 3次元地形データを自動生成したり、国土地理院が運営する「基盤地図情報 DL サービス」にある数値標高モデルなどの地図データから 3次元地形データを生成できることは、BIM/CIM に関するシステムへの要求事項として高いものとなっています。川田グループが整備するシステムは、これらの地形図作成の基礎データを高速に読み込み、高度な視覚化処理を行うことで利用者が軽快に情報確認や情報収集ができるようになっていきます。さらに、点群から任意の位置・箇所縦横断面地形を取得したり、点群から TIN データや柱状データ(サーフェスデータ間の差分を柱状データとして表現)、ヒートマップへの変換を行うことで状態把握や説明性の向上を行える仕組みとなっています。地形の 3次元化にあたり、1つのシステムで多様なデータを扱うことができ、かつ、多様な表現

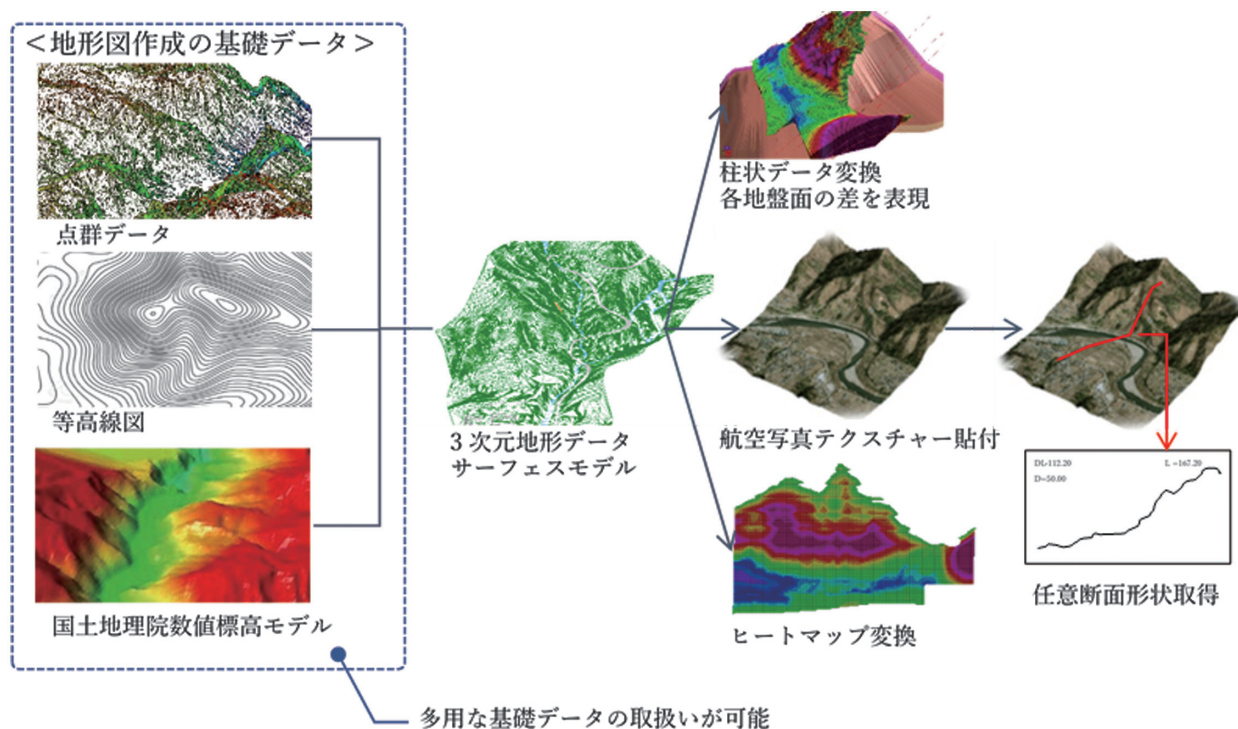


図4 3次元地形図の生成と加工

ができることは、BIM/CIM の幅広い目的を達成するために非常に効果的なものとなります。

図4は、3次元地形図における高度な処理の全体像を示したものです。

(2) 専用3次元 CAD システムによるモデル生成 (BIM/CIM への第二ステップ)

近年、日本では集中豪雨や台風など自然災害が多発しており、住民の安全やライフラインを確保する道路計画や河川計画は、当初の想定したライフサイクルより早くなっています。特に、自然災害による地形の変化は、大きく、より現状を反映した迅速な計画・設計・施工が必要になっています。このような現状を踏まえた効果的な BIM/CIM 対応のソフトウェアが必要であると考えます。図5は、生成する構造物やモデルに対してどのようなシステムを利用することが効果的か、また、どのような性能が必要かを示したものです。

一般的に構造物の3次元モデルの生成は、既に平面図や断面図など2次元図面が存在する場合、汎用3次元 CAD システムを用いて3次元モデルを生成することができます。鋼構造の場合、自動設計製図システム（鋼構造に関わる設計情報を入力し、自動で設計と製図を行う専用システム）を用いて3次元モデルを作成するより、2次元図面から3次元モデルを生成したほうが、作業効率がよく、後で加工しやすい3次元モデルが生成できるという結果も報告されています。この理由として、鋼構造は、多くの部品が比較的簡単な断面の延伸で作成できること、部品化しやすいこと、生成過程が明確であるため部品加工がしやすいこと、部品化する過程で様々な属性を付与できることが挙げられます。一方、道路設計や河川設計、コンクリート構造物設計（下部工、埋設構造物等）においては、目的

に応じた専用 CAD システムが不可欠となります。3次元地形図に応じて作成モデルや土量に変化することや、断面の延伸では構造物が生成できないこと等が理由として挙げられます。特に、道路設計や河川設計に当たっては、発注者の計画やコンサルタントが複数案を作成し、最適な設計を実施することが必要であるため、設計システムと連動した専用3次元 CAD システムが必要となります。

以下に道路計画・設計、堤防・河道設計およびコンクリート構造物・砂防堰堤設計の BIM/CIM を行う上で、システムに要求される性能について示します。

①道路計画・設計

近年、我が国の道路整備は、都市間を結ぶ生産拠点間の流通網の確保という観点のほかに災害時のリダンダンシー確保や孤立集落を防ぐための整備が重要視されています。また、BIM/CIM においても道路計画、道路土工での導入が、最も効果的な利用場面として位置付けられています。このことを背景に道路計画では、これまで以上に複数案の中より費用対効果の高い整備を効果的に選定したり、計画・設計の迅速化が必要となっています。

そこで、道路計画は、官公庁職員やコンサルタントの技術者が3次元地形データを基に容易に道路計画、概略設計、概略数量を算出できる3次元 CAD システムを導入することが BIM/CIM への対応と言えます。

川田グループが整備する3次元 CAD システムは、道路計画の処理を数分程度で実施でき、受発注者が打合せしながらリアルタイムで計画・設計を提示させて合意形成を図ったり、計画変更結果を即座に判断することができます。現在、日本は働き方改革のもと業務の効率化が必要になっており、要求から結果確認の時

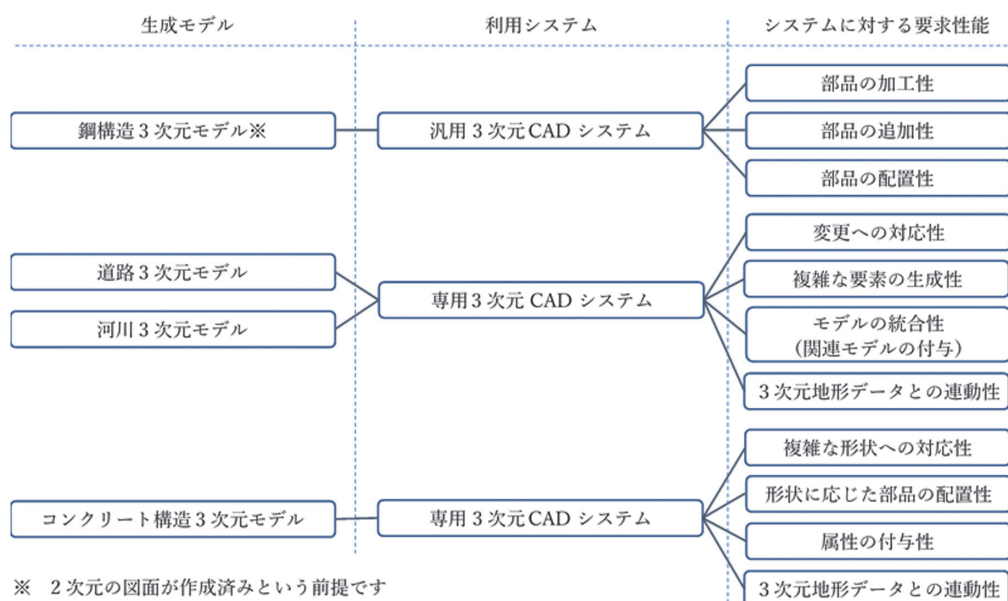


図5 生成モデルとシステムおよび要求性能の関係

川田グループが展開する道路に関する BIM/CIM 支援システム

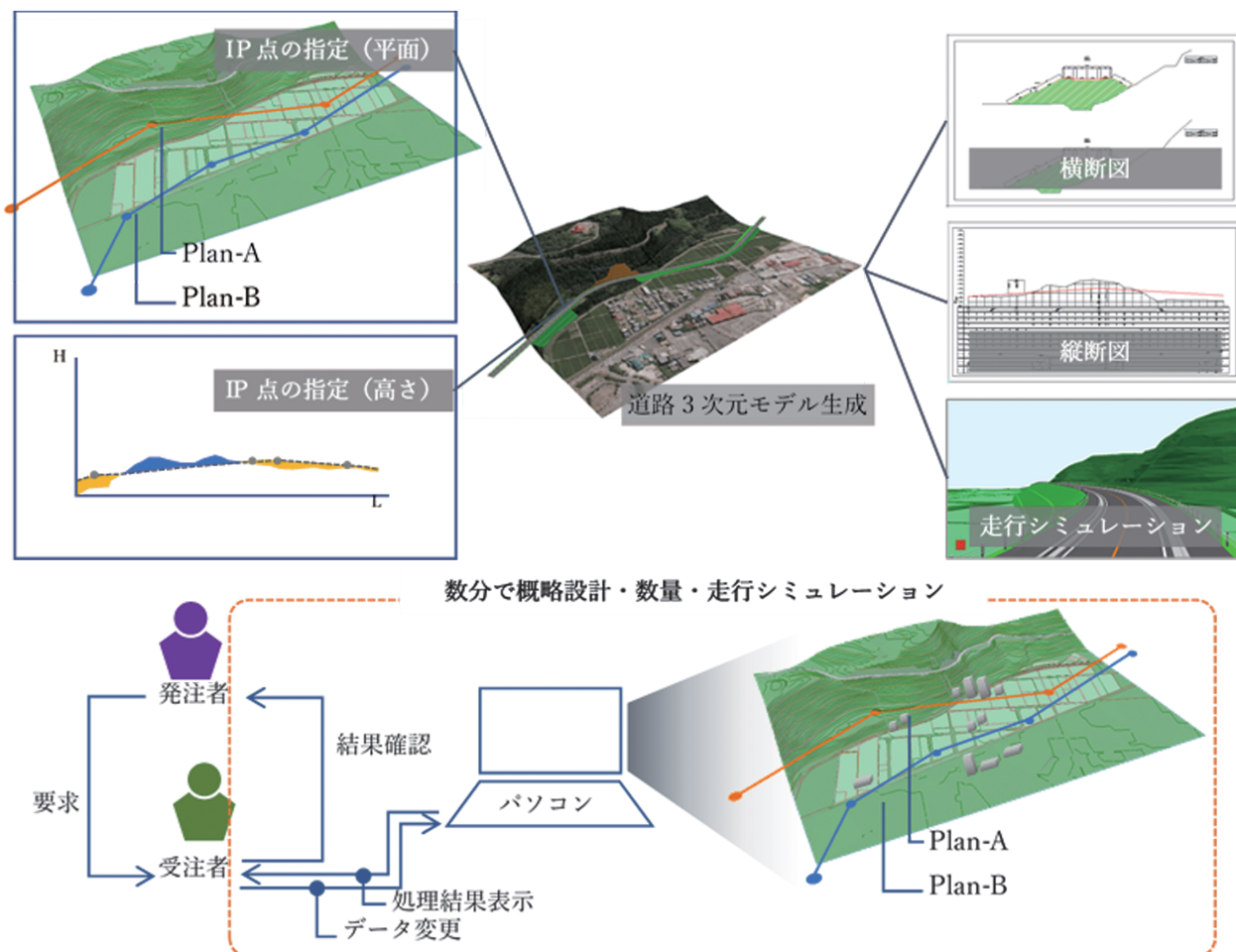


図6 道路計画・設計における BIM/CIM

間を大幅に軽減できる仕組みとしてのソフトウェア導入は、不可欠なものとなっています。

道路計画・設計において BIM/CIM を実施するために具備するシステムの特性を以下に示します (図6)。

- ・ 3次元地形図に対して道路中心線の通過点を指示するだけで3次元道路モデルを自動生成し、平面図、縦断面図、横断面図を作成できること。
- ・ 土工数量を自動算出し、山間部の工事用道路のルート検討や2次元で設計済の道路の復元設計など、その利用用途が広いこと。
- ・ 現況地形の自動取得～縦断面線形計画し、3次元モデルの作成が迅速に行えること。
- ・ 切土と盛土の標準横断を定義することにより法面モデルを自動作成できること。
- ・ 横断勾配、拡幅の自動すり付け計算を行うほか、道路中心線、車線境界線の表示設定ができること。
- ・ 設計した線形が設計規格に準拠しているかチェックできること。
- ・ 任意の幅員形状や法面形状をあらかじめ登録し、モ

デル作成作業の軽減が可能であること。

- ・ 通常のパソコン（グラフィックボード等が不要）で走行シミュレーションを含め、数分で作成し表現できること。
- ・ 道路モデルに必要な属性が自動的に設定できること。

②堤防・河道設計

近年、自然災害による社会的な影響は、財政上にも住民の安心した生活の維持においても非常に深刻なものとなっています。特に河川堤防や河道に関しては、通常の計画・設計に加え、防災計画や災害訓練を含めた BIM/CIM の導入が必要となっています。川田グループが進める河川3次元 CAD システムは、実地形に対して迅速に堤防設計や堤防の補強（堤防高の増設等）ができる仕組みとなっています。既設堤防あるいは河道の3次元地形モデル上で距離標ごとに設定された計画堤防高、計画高水位、計画高水数高、計画河床高等を利用して、新たな3D堤防・河道の計画・設計を行えるなど、官公庁やコンサルタントの河川計画に

川田グループが展開する河川に関する BIM/CIM 支援システム



図7 堤防・河道設計における BIM/CIM

対応できることが BIM/CIM への対応と言えます。

以下に示す機能は、河川の設計・計画を実際に行っているコンサルタントや関係者の意見を機能として取り纏めたものです。

- ・基準に従った新設や増設，補修補強の設計を少ない情報で行えること。
- ・堤防法線は線形データとしてIP法で入力・編集が可能でクロソイド曲線にも対応していることで大規模河川から中小河川まで幅広く利用できること。
- ・法線の基準位置は法肩，天端中心を切り替えられるようシフト量の設定など利用者の利用目的を簡単に実施できること。
- ・平面上で用地境界線を定義しておけば用地干渉状況が一目で確認できること。
- ・距離標と法線を設定し自動的に現況地形取得計算が行われ標高の確認が行えること。
- ・法線上の現況地形，施工堤防高，計画堤防高，計画高水位，計画高水敷高，計画河床高，堤内外地盤高等の縦断標高の表示・確認が可能であること。
- ・堤防天端，堤防法面，河道断面はフレキシブルに断面形状を登録でき，モデル作成作業の軽減が可能であること。
- ・堤防天端は舗装や水路，縁石，側溝，マウントアップなど付属構造を簡単に生成できること。
- ・樋門や樋管等の河川構造物は，簡単なパラメータ入力だけで作成し，堤防の3次元モデルに配置できること。
- ・河道断面は河道中心から河床幅，法面，小段，高水敷等を順番に定義することで左右異なった横断形状な

ど，実利用を踏まえた機能が整備されていること。

- ・配置された部品はモデル化され横断図にも反映され，堤防モデルを生成したら縦断図，横断図を出力できること。
- ・横断図は測点ピッチだけでなく変化点や任意測点の作成も可能で，部品機能で設置された水路や縁石等もそのままの形状で横断図に作図できること。
- ・GIS等に防災の観点から災害訓練および応急復旧計画までの情報をマッピングし視覚的な情報把握ができること。
- ・3次元スキャナーで計測した河川形状を取扱いでき，堤防計画等に活用できること。

③コンクリート構造物・砂防堰堤設計

橋梁下部工をはじめとするコンクリート構造物は，様々な形状のソリッド要素で構成されるため，断面の延伸ではモデルを生成することはできません。また，鉄筋やケーブルは，その形状や数量の属性設定が複雑であることや地盤や道路線形など自動で調整することが必要となる要素が多いのも特徴です。そのためコンクリート構造物・砂防堰堤設計において BIM/CIM のモデルとするには，3次元モデルと設計計算および地盤要素の関連付けが可能で，属性を連動できる専用3次元 CAD であることが必要です（図8）。

コンクリート構造物・砂防堰堤設計において BIM/CIM を実施するために具備するシステムの特性を以下に示します。

- ・3Dモデルのテンプレートから形状を選択して基本モデルを作成でき，詳細設計レベルの複雑な形状を素早く短時間で作成可能であること。

川田グループが展開するコンクリート構造物・砂防堰堤設計に関する BIM/CIM 支援システム

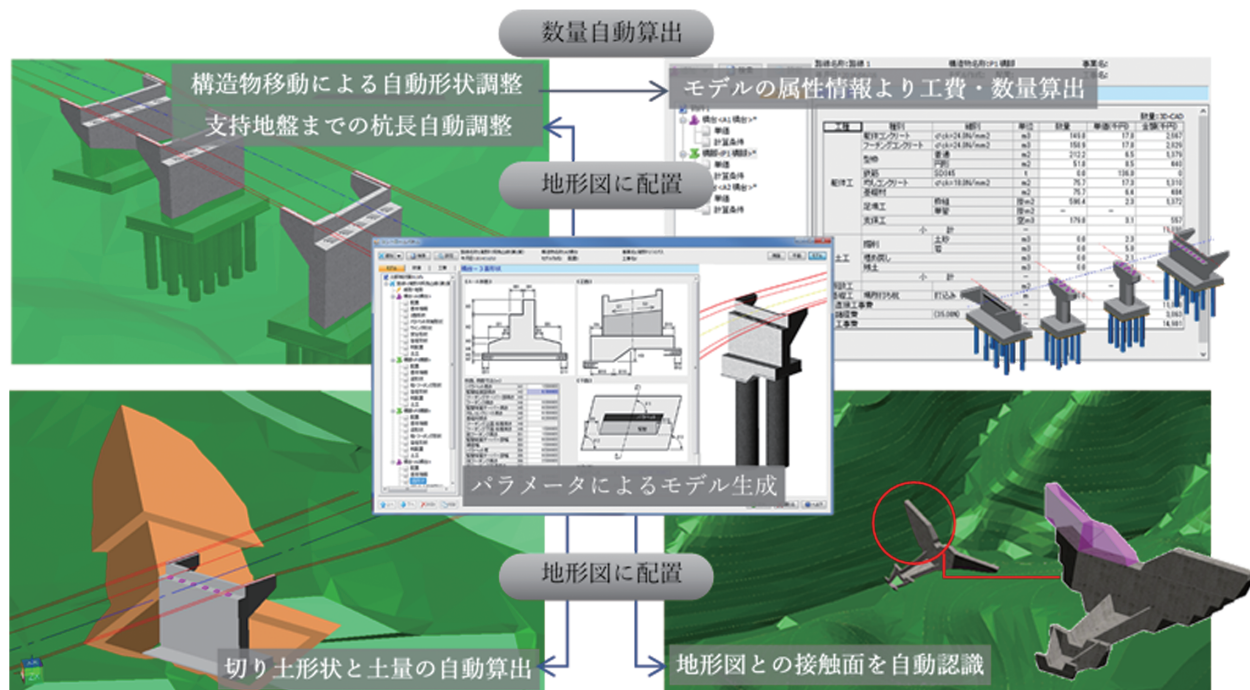


図8 コンクリート構造物における BIM/CIM

- ・道路中心線上に設置することで、路面の幅員や角度、高さを考慮した自動配置が可能であること。
- ・配置検討シミュレーションを容易に実施できること。
- ・橋台、橋脚等の土工掘削を自動で算定する機能が搭載されていること。
- ・線形の路面高さ および幅員線と、地形からの根入れを考慮した構造高の自動調整を行い、土工掘削を行えること。
- ・3次元モデルから構造物数量、土工数量を自動算出できること。
- ・コンクリート構造物・砂防堰堤設計など構造物に応じたパラメトリック入力ができ、属性が自動で付与されること。

(3) BIM/CIM での活用および流通基盤
(BIM/CIM への第三ステップ)

3次元モデルの流通は、建設工程管理や施工管理における短期間のモデル流通と施設管理や維持管理、防災計画など長期間におけるモデル流通の2つのケースがあります。情報流通基盤に関しては、時間的、空間的、器機的な制約がなく情報流通できる環境としてクラウド環境によるシステムが効果的です。このクラウドシステムに関する機能要件は、国土交通省より「工事施工中における受発注者間の情報共有システム機能要件」および「業務履行中における受発注者間の情報共有システム機能要件」として提示されています。

かし、3次元モデルの更なる活用効果を発現するには、利用目的や利用場面に応じた機能が必要となります。

川田グループでは、BIM/CIMにおける3次元モデルの流通に必要な機能は以下のものと考えます。

＜短期間のモデル流通＞

- ・ 施工に関する状態変化を管理できること（履歴管理・経時変化・工程管理）。
- ・ 施工に関するデータを統合管理できること。
- ・ システム内で計測ができること。
- ・ 計算書や数量等の書類と3次元モデルの情報をリンクできること。
- ・ 写真や動画等と3次元モデルの情報をリンクできること。
- ・ タブレット端末など携帯性に優れた器機でストレスなく操作できること。
- ・ スマートフォンやタブレット端末が有する様々なセンサー情報を統合管理し、グラフ等で視覚的に確認できること。

＜長期間のモデル流通＞

- ・広域の3次元モデルの情報を管理できること。
- ・GIS等の連携により俯瞰的に情報確認できること。
- ・維持管理や防災計画に関する情報とモデル情報を統合管理できること。
- ・様々なIoT機器のデータを統合管理し、グラフ等で視覚的に表現できること。



図9 BIM/CIMにおける情報流通基盤

川田グループが整備する情報共有システムは、これら機能を実装しており、BIM/CIMの流通基盤として様々な事業に提供しています(図9)。

4. 先進的な3次元モデルの活用研究

現在、川田グループでは、3次元モデルの更なる活用として先進的なIoT機器等を利用したBIM/CIMに関する研究を行っています。

(1) MRやVR機器による表現

MR(Mixed Reality)は、現実世界の形状をデバイスが把握し、それらにデジタル映像を重ね合わせるこ

とで現実と3次元モデルを合成することができます。また、利用者の動きに3次元モデルをシンクロさせることができるため、歩きながら3次元モデルの形状を確認できます。現在、川田グループでは、このMRを利用した視覚的なモノの配置計画や配置状態把握の可能性について研究しています(図10、図11)。

以下に研究項目の一例を示します。

- ・構造物の製作現場において部品の取り付けイメージや部品の取り付けに大きなミスがないかを視覚的に判断する技術。
- ・公園や屋上緑化および造成などにおける整備イメー

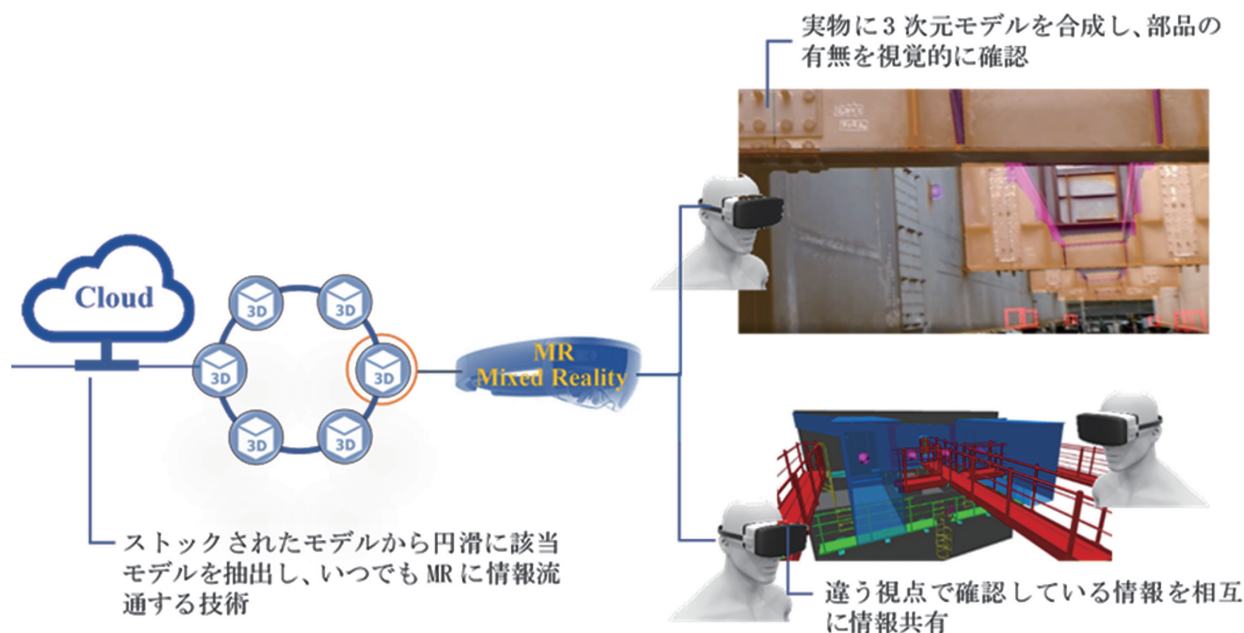


図10 MRやVRを利用した表現技術

ジを現実世界に3次元モデルを投影することで完成イメージを視覚的に把握し円滑な合意形成を実現する技術

- ・クラウドにストックしたモデルから該当モデルを簡単に抽出し、MRに情報を取り込む技術
- ・MRを装着した複数名が相互に音声と映像を確認しながら情報共有する技術

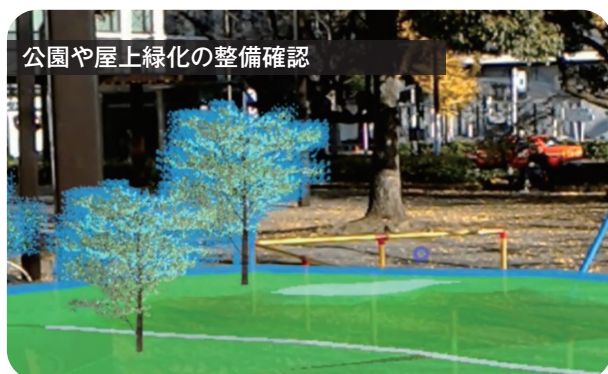
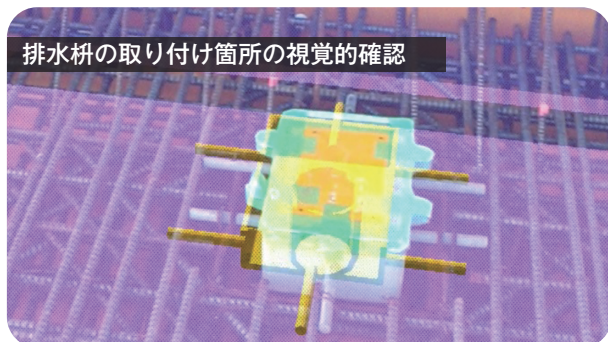


図 11 MR 器機による実験状況

現在、MR を用いた3次元モデルの活用は新しく未成熟な技術であるため、精度において十分な状態ではありませんが、今後のソフトウェア改良や関連デバイスの改良により、現在のMRにおいて抱える課題は解決されるものと予想されます。課題が解決されれば、出来形の確認作業の効率化、計画イメージの確実な伝達、円滑な合意形成などに大きく役立つものと考えます。一例として、現在の製作現場では、図面とメジャーにより構造物の出来形チェックを実施していますが、将来は、MRによる視覚的な出来形チェックができる日が近い未来に実現すると考えます。

VR (Virtual Reality) は、3次元モデル空間上に身体を投影し、空間での情報確認にリアリティを持たせるものです。川田グループでは、このVRと情報共有システムを連携し、3次元モデルや点群データをVRで確認できる環境を構築しています。現在、建設現場や観測の場で利用される機会が増えてきた360度カメラで撮影した動画や静止画を情報共有システムを通じてVRに投影したり朱書きする技術を開発しています(図12)。

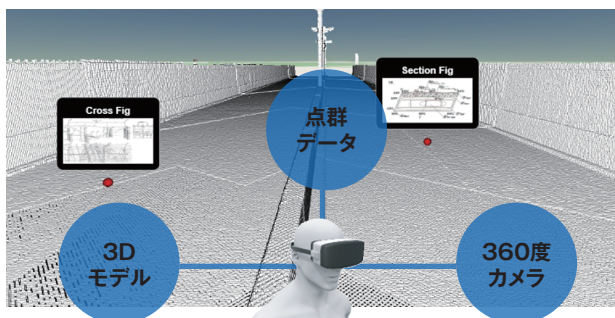


図 12 VR 器機に関する開発

5. 今後の取り組み

川田グループでは、BIM/CIMの推進に応じたシステム整備や研究を実施しています。今後は、一層、情報の利活用性や多様なデータとの情報連携に視点を置いた整備や研究を実施していきます。また、日々増加するデータから特性や情報を抽出するにあたり、データビジュアライゼーションやAI技術の導入を推進することが、次のBIM/CIMへの取り組みであると考えます。例えば、3次元CADシステムや情報共有システムでは、情報に時間的な概念を装備し、マネジメントの要素を強く取り入れたものとし、騒音環境下でも個人の音声を認識し、必要な情報を記録できるAIを導入したソフトウェアの開発、スマート端末が内蔵するセンサーのデータを集積し組み合わせることで新たな価値を抽出するソフトウェアの開発を行っていきます。また、ドローンやロボットと3次元モデルの情報を関連付けすることで、情報価値を高めていくことも計画しています。これからも川田グループは、加速度的に増加する情報やデータを価値のある情報へと変換する取り組みをしてまいります。