BIM/CIM自動設計システム
～3次元モデルと2次元図面の連動～

大矢 遼 太[1]・石田勇人[2]・新庄研斗[2]・丸山邦男[1]・鈴木友仁[3]

[1]日本工営（株）国土基盤整備事業本部　国土保全設計推進室
（〒330-0802 埼玉県さいたま市大宮区宮町2-35）

[2]日本工営（株）大阪支店　国土保全部（〒530-0047 大阪府大阪市北区西天満1丁目2番5号）

[3]日本工営（株）中央研究所　デジタル基盤推進センター（〒102-8539 東京都千代田区麹町5丁目4番地）

BIM/CIMモデルの活用により，受発注者間の業務の効率化や，検討の内容の高度化が推進されている．一方，3次元モデルと2次元図面は別々に作成されている事例が多く，整合性の課題から，本質的な効率化に至っていない現状がある．このような現状を受け，3次元モデル作成の自動化に加え，3次元モデルを基にした2次元図面の自動作成システムを開発した．3次元モデルと連動して2次元図面が作成されることで，整合性の課題を解決し，設計者の作業効率化に寄与することを可能とした．また，3次元モデルを活用し，受発注者間でイメージを共有することで早期課題抽出，合意形成を実現する効果が期待される．

Key Words ： *BIM/CIM，自動設計，3次元モデルと2次元図面の連動，盛土，検討の高度化*

１．背景と目的

国土交通省ならびに建設業界では，BIM/CIM（Building/Construction Information Modeling, Management）の活用を推進している．これはBIM/CIMにより，建設事業で取り扱う情報をデジタルデータとして統合管理することで，受発注者のデータ活用・共有を容易にし，建設生産・管理システム全体の効率化を図ることが目的である[1)]．

しかしながら，現在のBIM/CIMモデルは，3次元モデルと2次元図面の作成を別々に実施していることが一般的であり，設計者の作業負担が大きく，従来作業からの効率化は実現できていない状況である．また，モデルと図面の整合性にも課題がある．

近年の土砂災害件数の増加傾向，土砂災害規模の激甚化傾向において，災害復旧の現場では，これまで以上に迅速かつ高度な復旧計画，復旧設計が求められている．この際，各現場においては対策工法の選定や，対策施設の規模決定のために比較検討が必要となるが，従来の作業手法では，最適な対策工法の規模や配置の検討に膨大な時間を要する．このため災害復旧事業においてもBIM/CIMを活用し，検討の迅速化，高度化を実現させていくことが急務であるが，現状のBIM/CIM活用手法では作業量や作業スピードは従来手法と大きく変わらず，時間的な制約により検討の高度化を図ることができていないなどの課題がある．

以上の通り，現状ではBIM/CIMの活用による，作業効率化やモデルと図面の整合性確保，検討の高度化，迅速化の実現には至っていない．一方で，国土交通省BIM/CIM推進委員会では，国土交通省は今後3～5年（令和10年～令和12年）かけて，3次元モデルと2次元図面の整合を一般化していくこと（LEVEL-2），その後は自動設計を一般化することを目標として掲げている[1)]（**図-1**）．このような高い目標に向けて，早急にBIM/CIM本来のメリットを享受できる仕組みやツール開発が望まれている．

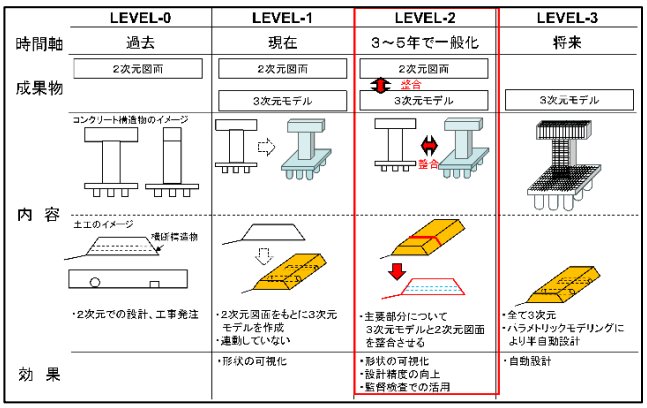


図-1 3次元モデルと2次元図面の連動について[1)]

これらの課題を解決すべく，盛土工を対象として自動設計システム（以下，本システム）を開発した．本システムでは3次元モデル，2次元図面作成の自動化，ならびに3次元モデルと2次元図面の連動，概算数量算出を自動化することを可能とした．本システムの概要と，活用によって得られた結果とその評価について報告する．

２．自動設計システムの概要

(1) 使用するソフトウェア

本研究では，Robert McNeel & Associates社のCADソフトウェアであるRhinocerosと，そのプラグインでありビジュアルプログラミングツールとして機能するGrasshopperを使用した．なお，Autodesk社のDynamoもGrasshopperと同等の位置づけとなる．ビジュアルプログラミングツールとは視覚的にプログラミングを行えるツールであり，コードをテキストで記述する代わりに，**図-2**で示すような関数を内包した箱型のオブジェクトを視覚的に接続してプログラムを構築するものである．そのため，スクリプト型言語に比べプログラミングの知識がなくても直感的に操作でき，アルゴリズムを視覚的に理解しやすい特徴を有する．

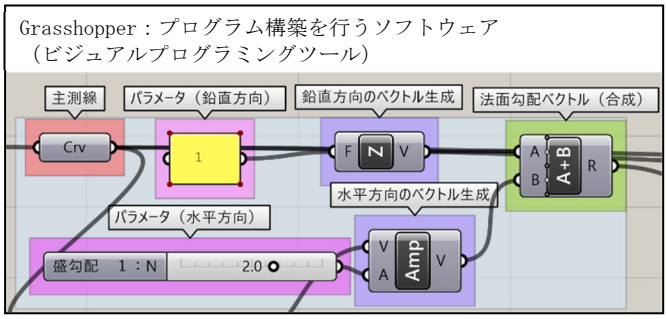


図-2 プログラム構築例

(2) システムの内容

本システムにはパラメトリックモデリングを用いた．パラメトリックモデリングとは，設計条件をパラメータとして定義し，パラメータとモデルが連動するモデリング手法である．本システムでは，盛土法面勾配や盛土天端標高，断面図作成間隔をパラメータとして定義しており，パラメータを設計者の意図によって設定，変更することで，アウトプットである3次元モデルや2次元図面を作成，修正することが可能である．この機能を応用し，複数のパラメータ（盛土法面勾配や盛土天端標高等）の組み合わせ（＝複数ケース）を任意に変化させて実行するプログラムを構築し，3次元モデルならびに2次元図面の作成，概算数量の算出を自動化した．

３．自動設計システムの活用結果と評価

(1) 対象工種と設計目的

盛土工を対象として自動設計システムを活用し，評価を行った．ここでの盛土工は，周辺工事によって発生する一定量の残土について，道路や周辺施設に影響が生じないように盛土として造成することが目的である．

(2) 従来の検討手法と課題

従来手法は，代表断面に盛土形状を描写した後，複数の測線断面にその盛土形状を当てはめて平面図に展開し，盛土の概略形状や概略数量を把握することが一般的である．これを複数ケースで作成し，比較検討していたが，これには膨大な作業量を要していた．

(3) 比較検討のケース

比較検討に用いるパラメータは**表-1**の通り設定した．パラメータは3種（盛土天端標高，盛土天端幅，盛土法面勾配）とし，それぞれのパラメータにおいて3パターンの組み合わせにより比較検討を実施した．比較検討するケースは各パラメータにおけるパターンの総組合せとなることから，合計27ケース（3×3×3＝27）となる．

また，制約条件として「道路干渉回避ライン」，「盛土天端法肩の線形」を設定した（**図-3**）．盛土法尻付近には既設道路が位置しているため，盛土との干渉を回避する必要がある．盛土と道路が干渉する場合は，道路干渉回避ライン位置に擁壁や補強土壁等の構造物を配置する計画とし，盛土モデルを垂直に立てるプログラムとした．また，盛土法尻を道路線形と概ね並行になるように計画すべく，盛土天端法肩の線形は，既存道路と類似する線形とした．

表-1 パラメータと検討ケース

No.	パラメータ名	パターン		
①	盛土天端標高	EL=200m	EL=195m	EL=190m
②	盛土天端幅	10m	20m	30m
③	盛土法面勾配	1:2.0	1:2.5	1:3.0

※ケース数＝各パラメータのパターン総組み合わせ＝3×3×3＝27ケース

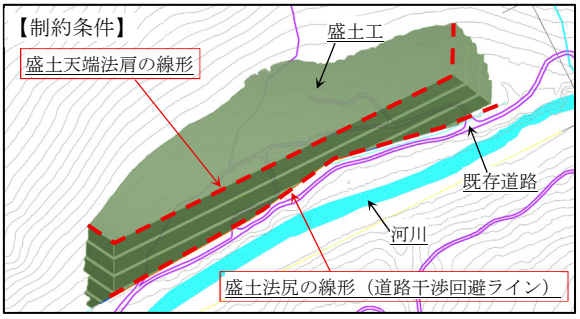


図-3 制約条件

(4) 盛土形状の比較検討

本システムによって得られたアウトプット例を**図-4**に示す．27ケースの3次元モデル，2次元図面が自動で作成され，概算数量が自動算出される．この比較検討により，盛土条件別の所定の残土量の受け入れ可否の把握，ならびに道路や周辺施設等への干渉有無の把握を効率的に実施することが可能である．

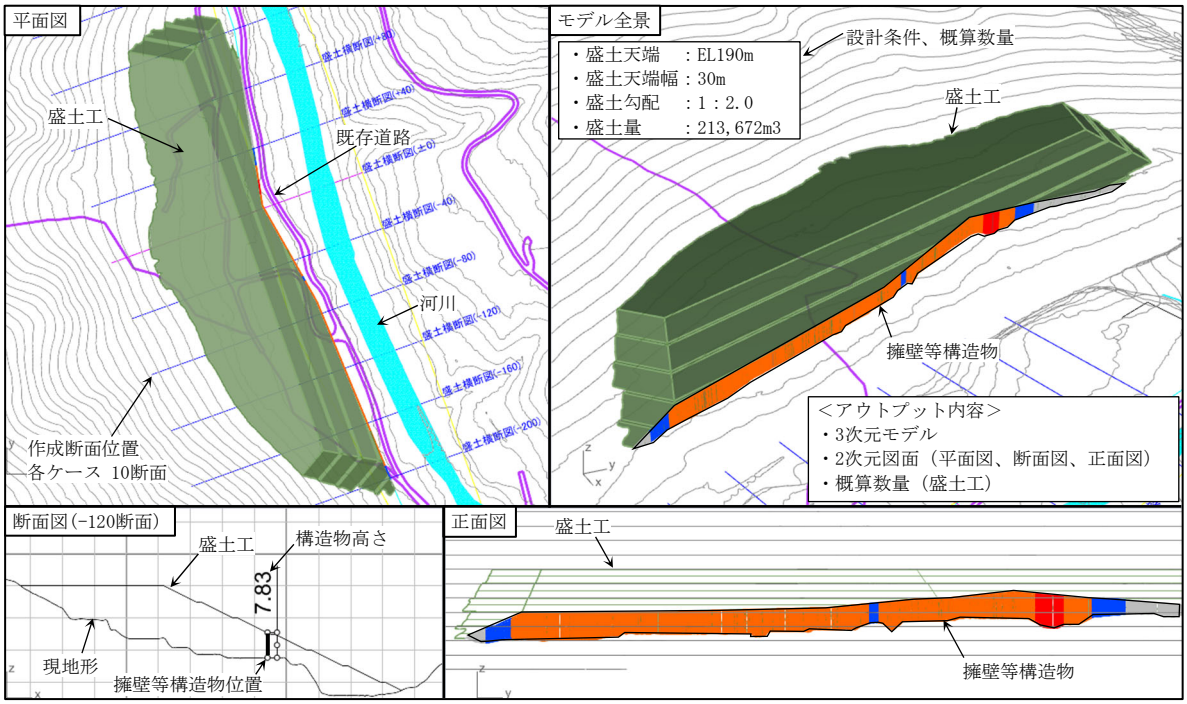


図-4 本システムの自動アウトプット例（3次元モデル，2次元図面，概算数量）

採用候補となるケースを抽出するにあたり，27ケースのアウトプットに対して，以下A，Bの作業が必要となるが，当作業についても本システムに工夫を加えることで効率化を図った．

＜採用候補抽出作業＞

A）配置結果の確認（平面図，断面図）

B）概算数量の整理（盛土量と残土量の比較）

（従来手法）

・図面：画像としてExcel等に張り込み．

・数量：画面から数値を読み取り手入力

（本システムによる工夫）

・図面：従来手法をすべて自動化．プログラム実行中，ケースが変わる度に自動でスクリーンショットを取得（**図-4**），画像データを参照し，Excelもしくは PowerPointに自動で張り込みを行う．

・数量：数量をプログラム内でリスト化．自動でExcelに表整理を行う．

また，盛土法尻に擁壁等の構造物が必要となる場合，構造物の高さを視覚的に把握するため，**図-5**に示すように断面図やモデルに高さ寸法の旗上げを行い，閾値を設けたカラースケールを表示させる工夫を行った．

(5) 3次元モデルと2次元図面の連動

本システムの特徴の1つとして，3次元モデルと2次元図面を同時に作成（＝整合）できている点が挙げられる．本システムでは各ケース10断面（27ケース，合計断面数270本）をモデルから切り出す作業を自動化しており，断面位置や断面本数はプログラム内でパラメータを変更することにより任意の位置，間隔で断面を作成することが可能である．

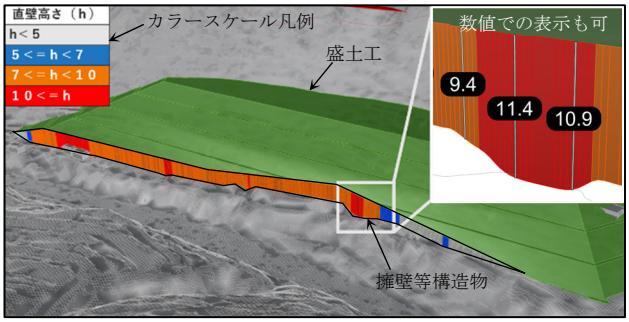


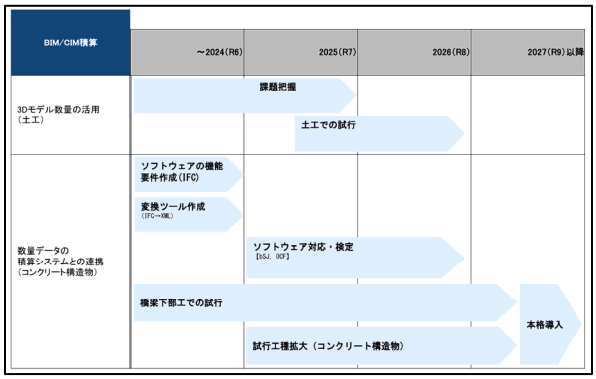
図-5 構造物の寸法，カラースケールの自動化

国土交通省が目指す3次元モデルと2次元図面の整合に関して，本システムは3次元モデルと2次元図面整合を比較検討の段階から実現しており，モデルの作成時だけでなく，修正作業についても3次元モデルに追従して，2次元図面も自動で修正することが可能である．従来手法では、3次元モデルと2次元図面を別々に作成，修正していた作業が自動化されるため，大幅な作業量削減，効率化だけでなく，設計ミス防止にも寄与すると考える．

なお，本システムの概算数量は，モデルから切り出した断面図を基に，平均断面法によって算出している．地形モデルと盛土工モデルの差分により3次元的に数量算出することもできるが，工事積算は2次元図面を基準にしているケースが多いため，本システムでも平均断面法を採用した．一方で，**図-6**に示すように，国土交通省は将来的に3次元モデルを工事契約図書として活用し，数量算出や工事積算も3次元モデルをベースに行っていくロードマップを公表している[2)]．このため，本システムでは**図-7**で示す点高法による3次元モデルを用いた数量算出手法も搭載し，発注方式や発注機関の要望に応じて，数量算出手法を変更可能とした．双方の算出手法に

おいて数量差異を確認できるため，平均断面法の数量について妥当性検証としても活用可能である．

図-6 BIM/CIM積算ロードマップ（案）[2)]



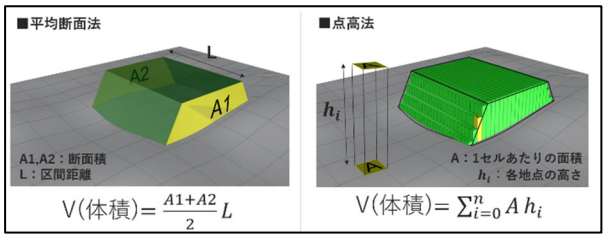


図-7 平均断面法と点高法の数量算出手法

(6) 評価

本システムを活用した一連の設計プロセスでの所用時間は，約120分であった（**表-2**）．本システムの構築には，約10日間を要しているが，従来手法では一連の作業に1か月程度を要するため，大幅な作業省力化につながったと評価できる．

表-2 本システムと従来手法の所要時間

設計プロセス	従前手法の所要時間	本システムによる所要時間
① 3次元モデルの作成(27ケース)	20日間（約1か月）	約120分（システム構築：10日間）
② 2次元図面の作成（270断面）		
③ 概算数量の算出（27ケース）		
④ 検討資料の整理（27ケース）		

本システムを用いたことにより，比較検討の試行数を増加させることや，比較検討結果を踏まえた細部の設計検討等，様々な検討に労力を割くとこが可能である．時間的な余裕により「早期課題把握」や「気づき」が生まれるほか，十分な「照査時間の確保」が可能となり，結果として検討の高度化，品質向上につながると考える．

「省力化＝時間の確保」は，特に災害での緊急対策事業での貢献度が高い．迅速かつ高度な技術が求められる災害復旧検討では，設計に限らず，調査や観測，解析など各段階で検討時間の確保が重要である．災害復旧という時間制約が大きいなか，各段階で十分な検討時間を確保するため，各種効率化を推進していく必要があるが，本システムは設計段階において，設計者の救いになる実感を得ることができた．

また，3次元モデルをベースに検討することで，2次元図面では把握しづらい課題や，気づきを得る後ろ盾になり，受発注者間や業務関係者の協議では，認識の齟齬を回避し，的確かつ早期の合意形成につながる．必要に応じて2次元図面を提示，提出できるため「工事発注用の2次元図面が欲しい」，「住民説明用に3次元モデルをベースとした理解しやすい資料が欲しい」等，発注者が望む成果形式に対応することが可能である．

4．今後の展望

(1) パッケージ化

いずれの設計者でも，本システムを正しく，誤入力なく，誤作動なく利用できることが理想である．現時点でも本システムは他の現場で流用可能であるが，利用方法等に関して開発者に問い合わせが生じるため，直感的に操作できるインターフェースの改善や，手順書の整備を行い，多くの設計者が正しく活用できるべく改良を図る．

(2) システムの改良

本システムには盛土の安定解析や擁壁等構造物の構造計算機能は搭載していない．これら機能の搭載に加え，2次元図面の詳細図（例：法面求積図，展開図）の作成自動化や，付随する工種（例：法面保護工）をパラメータとして選択できるように改良を行いたい．さらに，付随する工種についても詳細設計精度の数量算出ができるシステムに改良を行い，汎用性の向上を目指す．

(3) 他工種への展開

本システムは盛土工を例としているが，斜面防災分野（地すべり対策工，斜面対策工）でも同様のシステム開発を進めている．従来手法と比較して本システムの優位性を一定程度示すことができたため，他工種でも開発を推進していきたい．

(4) リアルタイムな検討の実現，人材の育成

将来的な活用イメージとして，受発注者や関係者との協議中に，パラメータを変更しながら3次元モデル等を自動作成し，検討・協議・合意形成を同時に実施できることが理想である．

このようなシステム開発，環境整備のためには，設計者をはじめとした技術者の専門的な技術力，豊富な知識，経験に加え，パラメトリックモデリングやビジュアルプログラミングツールなど，BIM/CIMに関する理解，知見を有するBIM/CIMマネージャーの育成に取り組むことが重要であると考える．

謝辞：和歌山県 東牟婁振興局 串本建設部の皆様には，試行事例の使用についてご快諾いただくと共に有益なご助言，ご鞭撻をいただきました．深く御礼申し上げます．

参考文献

1) 第13回BIM/CIM推進委員会（令和7年2月25日）資料1 BIM/CIMの進め方について
2) 第14回BIM/CIM推進委員会（令和7年6月17日）資料1 BIM/CIMの進め方について