

## プラント工事における3Dシミュレーション高度化・負荷軽減の取り組み

### Approaches to Enhancement of 3D Simulation and Workload Reduction in Plant Construction



三浦 慶明  
Yoshiaki Miura

機械事業本部  
技術部技術開発Gr

業務の品質や効率の向上を目的に 3D 技術を活用することがプラント工事業界に広がって久しい。当社においても全国拠点に配備した 3D 点群スキャナーや各種 3D 設計ソフトを活用し、プラント設計・施工のフロントローディング化を推し進めている。

一方、動き要素を加えた場合の検討の難しさや、検討に要する手間と効果のバランスから、適用範囲（規模）が限られ、中小規模案件への適用が難しいといった課題がある。

本稿では上記課題解決に向けた動的な工事シミュレーションへの取り組みと、3D 点群データのモデリングを省き、点群のまま活用するモデリングレスシミュレーションについて紹介する。

It has been a long time since the use of 3D technology to improve the quality and efficiency of work has spread throughout the plant construction industry. Our company is also promoting the front-loading of plant design and construction by utilizing 3D point cloud scanners and various 3D design software deployed at our nationwide bases.

On the other hand, there are issues such as the difficulty of studying the case where motion elements are added, and the limited scope (scale) of application due to the balance between the efforts required for study and its effectiveness. These issues make it difficult to apply the method to small- and medium-scale projects. This paper introduces our approach to dynamic construction simulation to solve the issues mentioned above and modeling-less simulation, in which modeling of 3D point cloud data is omitted and the point cloud is utilized as it is.

#### 1. はじめに

エンジニアリング・工事業務において3D設計・点群計測の普及が進む中、施工前により精緻な工事検討を行うことのできる「フロントローディング」手法の有用性が認められ、業界において適用が増えている。当社においては2010年迄に機械設計担当全員の3D-CAD利用環境を整えて設計の3D化を進めるとともに、近年はBIM/CIMソフトウェアの導入と拡充を図り、BIM設計・検討ワークフローの実践に努めている。その一方で3D点群スキャナーを全国拠点に導入し、精緻な検討実現に資するリアリティキャプチャにも力を入れてきた。その効果により3次元設計・工事検討適用は大～中規模案件を中心に増加し、手戻りのない工事やお客様との早期の合意形成構築といったフロントローディングのメリットを享受している。

他方、技術活用で顕在化した課題もあり、「静的な検証だけでは見落としがある。」「点群モデリング実施の負荷が高い」といったものが代表的である。本稿では課題解決に向けた動的工事シミュレーション技術導入による検討の高度化、およびモデリングレスシミュレーション技術による負荷軽減への取り組みについて述べる。

## 2. 動的シミュレーション

### ▶2.1 工事シミュレーション

工事シミュレーションは3D化によって大きく進化した。従来の2Dベース検討であれば平面・断面図の組合せで検討をしていたところを、3D点群データとモデルデータ（設備や重機等）を重ね合わせて工事環境を正確に再現できるように、当社の中でも頻繁に行われるようになった。その一方でCADソフトや点群処理ソフトウェアの制約により動きの再現が難しいこと、設定の手間が大きいこともあって、要所だけを対象にした静的な検討が中心となっていた。

例えば重機作業であれば、重機と吊荷をあわせて作業時間全体で干渉と荷重検証をしなければ完全な工事検討をしたことにはならないため、時間軸を加えた所謂4D検証を行うことが肝要である。これを実現するため当社では3D工事シミュレーターを導入し、自社の3D設計技術・点群計測技術をあわせ、動的な工事検討を行っている。（図1） 先ず工事現場を3D点群スキャナーで計測、漏れのないリアルな仮想工事現場をPC上に作成することが開始点となる。その中に3DCADで設計した設備や配管モデルを入れ込み、工事計画者が3D上の重機操作を行いながら工事検討を行う。操作中吊り荷を含めた干渉と定格荷重のチェックが全自動で行われるため、作業時間全体を漏れなくチェックできる。また、数多くの工事パターンを試行できるため、最適な工事計画導出が容易となり、費用最適化に重要な役割を果たしている。



図1：動的工事シミュレーションの様相



図2：動的工事シミュレーション画面

### ▶2.2 車両シミュレーション

工事そのものの検討がクローズアップされがちであるが、実際の工事では重機や設備、資材の運搬経路の検証もそれに劣らず重要である。工事現場に至るまでの経路には設備や空中架線等障害物があることが多く、干渉は直ちに事故と遅延につながる。このため狭隘部など要注意箇所においては2D或いは3Dでの干渉確認が行われてきたが、経路全体をカバーする検証ではなく、見落としリスクは依然として残っていた。この部分の強化のため、当社では3D車両シミュレーターを導入し、工事車両の動的シミュレーションを実施している。（図3）

運搬経路の検証では工事シミュレーションと同様に運搬経路の3D点群計測を行うことが基点となる。そのうえで使用する車両データを作成し、そこに積載物モデルを加えて正確な荷姿を再現。あとは予定ルート指定して3D点群データで出来ている空間を走行させ、干渉の有無やクリアランスを確認する。

現実同様に作られた点群空間内を走行して検証するため、走行範囲全体に対して漏れのない確認ができる。また、一般的な点群ソフトの軌跡走行機能ではオブジェクトを軌跡に沿って動かすだけとなるため、本ソフトでは車両データに基づいて内輪差を演算するため、走行ルート全域において精緻な干渉確認を実現している。

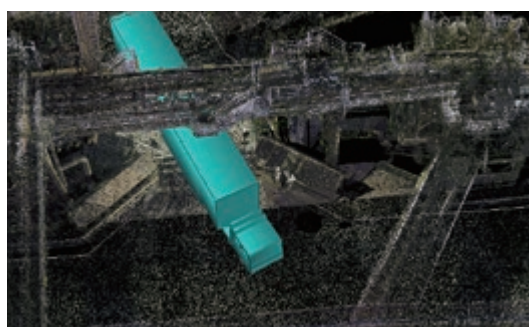


図3：動的車両シミュレーション

## 3. モデリングレスシミュレーション

従来3D検討では、検討に使うデータの中心はあくまでモデリングデータであった。例えば解体工事を行う際には、点群データから解体対象のモデリングを行い、それを用いて検討を行うといった形である。

しかしながらモデリング作業には相応の手間が必要となるため、所要時間と対応費用が膨らむ。加えて作成モデルは解体後に使途が無くなるため、効率に疑問符がつき、適用範囲が限定される一因となっていた。

当社ではこの課題解決のため、特に解体・移設工事において点群データのみで工事検討を行うモデリングレスシミュレーションを実践しているので紹介する。

（図4）は地上200Mに及ぶ煙突と支持構造体解体工事の検討を点群データのみで行った例である。手順としては工事対象を周辺環境含めて3D点群スキャンし、得られた点群データの中から解体対象設備を工事計画に従って抜き出して分割（図5）したものをモデルデータ相当として取り扱うことで実現している。



3D点群データのみで検討ができるため、モデリング作業に費やしていた時間が省かれ、従来手法とくらべ凡そ1/2から1/4の準備時間で検討に着手することができるように時間と費用の削減を実現している。これによって3Dによる動的工事シミュレーションの敷居がさがり、従来に比べより小規模な案件でも適用されるようになった。

また、点群データをそのまま使っているため、モデリング作業時の見落としや簡略化による形状欠落リスクがなく、確度の高い検討にもつながっている。

注意点としてはモデリングした場合と同様に、作成したモデルデータ相当点群に適切な重量情報を与えることが必要となることである。

型鋼は重量算定が比較的容易であるが、管などの中空構造体は肉厚が判らなかつたり、内部に堆積物が付着したりと変動要素が大きい。安全率を大きく取る・現地調査によって内部状態を確定させる等、適切な値を導出し設定する必要がある。

3D点群計測やモデリングデータは一見もっともらしく見えるが、現実世界と真のデジタルツインとなっているかに注意を払うことが肝要である。

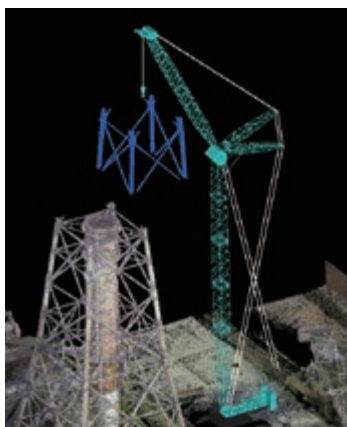


図4：点群データのみを使用したシミュレーション

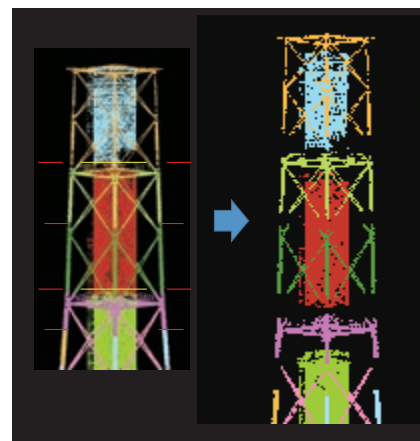


図5：点群データの解体単位分割

## 4. まとめ

工事車両を含めた動的工事シミュレーション導入により、工事期間全域にわたって漏れのない3D検討ができるようになった。また、モデリングレスシミュレーションにより適用の敷居が下がったこと、従来適用がなかった小～中規模案件でも適用が広がった。

従来手法のような工事の一部分のみの検討ではないため、見落としリスクが減少して正確さが増すところとなっている。また、クライアント様への工法説明・合意形成にも力を発揮しており、特に難工事における工法説明と合意形成に効果的である。

特筆すべき副次効果として技能伝承効果が挙げられる。シミュレーションの場合は、複数名の設計・施工スタッフが参加して多くの工法を提案、それらをシミュレーションし問題有無を確認しながら、参加者の意見を取り込み、よりよい工事手法を導き出す形で行っている。

工法をシミュレーションし、課題抽出と対応策の考案を行う過程で、特にベテランが蓄積した経験に基づく工事手法（暗黙知）が可視化され参加者に共有される。（図6）これは従前であればベテランとチームを組んだメンバーのみが享受できる経験であったが、シミュレーション導入により参加者全員が享受できるものへと発展し、多くの工事を自ら担当していたかのような深い学びと気づきを得ることができるようになっている。

今後は実工事シミュレーションという本来の目的に加え、このような副次効果にも目を向け、教育ツールとして難工事の事例体験、テーマ毎の工事計画訓練等にも役立てていくこと検討している。

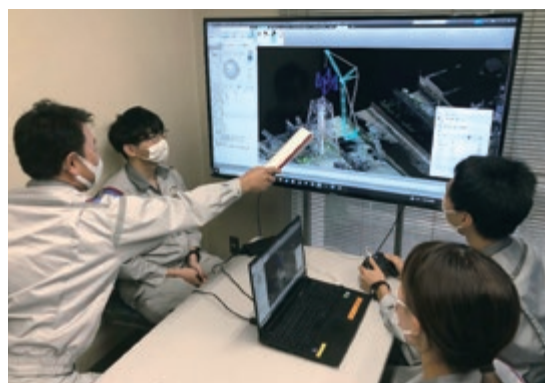


図6：ベテランの意見を若手がシミュレーションで再現

## 5. 今後の展開

本稿で述べたシミュレーション技術は当技術開発Grで立証を経たのちに全社展開中である。社内浸透に向けた仕組みとして、機材面では関連ソフトウェアと処理用ワークステーションPCの導入を進め、必要な時に必要な箇所で使える環境整備を進めている。教育面では社内講師の育成と教育カリキュラムの整備に取り組んでおり、集合教育やWeb教育などを通じ技能習得者増加、ひいては全国での即応体制樹立を目指す。

今後は本技術を適用する背景でもあるBIM/CIM導入を推し進めるため、社内他事業部との複合案件対応をはじめ、社外も含めた混成チームでクラウド連携するシステムといった、高度化と範囲の拡大を進めていく所存である。

お問い合わせ先

機械事業本部 技術部 技術開発Gr.

TEL 052-604-3091