

BIM・CIM利用技術に関する研究 建築・土木分野におけるレーザー測量の活用報告

Utilization of BIM and CIM and laser surveying in the field of construction and civil engine

○大抜久敏^{*1}, 土井原泉^{*2}, 森口智聡^{*3}, 児玉貴志^{*4}, 渡邊賢直^{*5}

Hisatoshi Ohnuki^{*1}, Izumi Doihara^{*2}, Tomoaki Moriguchi^{*3}, Takashi Kodama^{*4}, Yoshinao Watanabe^{*5}

- *1 株式会社アルモ設計 デジタルソリューション部 常務取締役統括部長
- *2 鹿島建設株式会社 建築設計本部 統括グループリーダー
- *3 鹿島建設株式会社 関西支店 土木部 阪急淡路JV 工事事務所 工事課長
- *4 株式会社アルモ設計 デジタルソリューション部 BIMグループ グループリーダー
- *5 株式会社アルモ設計 デジタルソリューション部 プロポーザルグループ チーフ

キーワード：建築;土木;BIM;CIM;レーザー測量;点群

Keywords: Building Information Modeling;. Construction Information Modeling; Laser survey; point cloud

1. はじめに

建築・土木分野では BIM(Building Information Modeling)と CIM(Construction Information Modeling)の活用が急速に進んでいる。本報告では、建築・土木分野での BIM・CIM とレーザー測量を組み合わせた活用の研究である。設計や施工段階で既存建物や周辺環境(建物、電線、地盤起伏など)をレーザー測量し、点群データから3Dモデルを作成している。本研究は、3DCADとレーザー測量を組み合わせた活用フローを開発した。そのフローを実際の建築や土木のプロジェクトで適用し、その効果を建築設計者と土木施工管理者にヒヤリングし、活用の効果を評価分析した。それを今後の研究と実践に活かしたいと考えている

2. 活用の目的・フロー

2.1. 活用の目的

3DCADとレーザー測量を組み合わせた活用の目的は、以下のようになる。(図-1)

- ① 既存建物の天井の耐震補強に活用する。
- ② 既存建物のリニューアルに活用する。
- ③ 周辺環境(周辺建物、地盤、道路、電線、樹木)の正確な3Dモデルを作成し、建築・土木の設計や施工管理に活用する。
- ④ 文化財建築の現状を正確に調査し、修復保全計画に活用する。

BIM・CIMとレーザー測量の活用目的

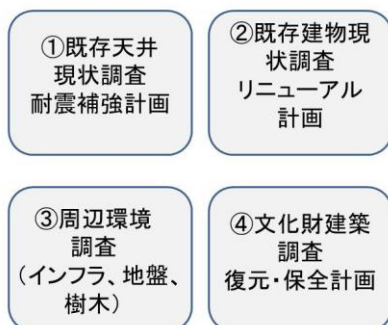


図-1

2.2. BIM・CIM とレーザー測量の活用フロー

BIM・CIM とレーザー測量の活用フローは、①～④となる。(図-2)

- ① レーザー測量
 - ・測量精度・範囲を決めて、測量する。
- ② 点群データ作成
 - ・取得した点群データを3Dモデル作成のために整理する。
 - ・既存建物、インフラ、建築、構造、設備などに分類する。
- ③ 3Dモデル作成
 - ・点群データを3DCADでトレースしてモデル化する。
- ④ 設計・施工での活用
 - ・図面・パース・VR・3DPDF・3Dプリンター

BIM・CIMとレーザー測量の活用フロー



図-2

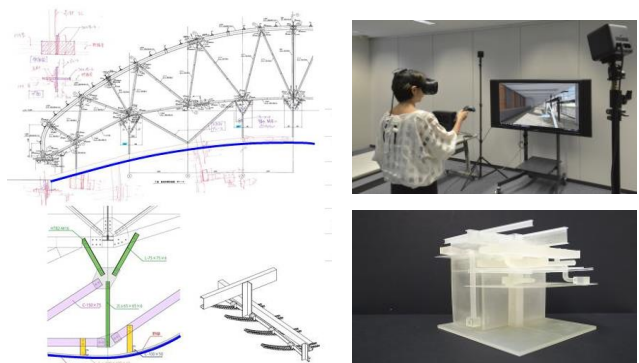


図-3

3. 建築設計での活用

3.1 既存建物の天井耐震補強に活用した事例

共立女子学園共立講堂の事例では、既存の講堂の天井の3次曲面と天井裏をレーザー測量し、点群データを取得した。点群データから3Dモデルを作成し、天井耐震補強(ぶどう棚方式)、干渉チェックを支援した。

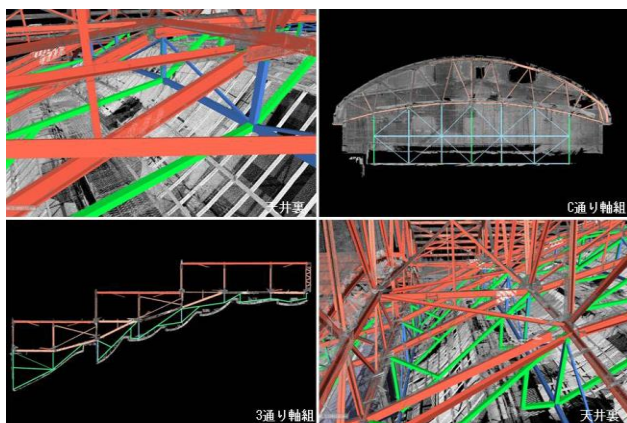


図-4

3.2 講堂の天井裏のレーザー測量

講堂の密集した天井裏のレーザー測量は、遮蔽物でレーザーが当たらないブラインドが生じやすく、点群の欠落が多い。天井下からもレーザー測量し、天井裏と位置合わせをした点群データを取得し、天井裏と天井下地面を点群と3DCADで再現した。(図-4)(図-5)点群データは、既存構造部材と天井下地までの寸法が測れるので、具体的な構造補強検討が可能である。レーザ測量はXYZ座標と同時に色(RGB)や360度画像も取得できるので、3Dモデル化し易い。スケジュールや予算を考慮して、設計者や施工者が検討したい範囲を事前確認して測量に取り組む事も重要である。

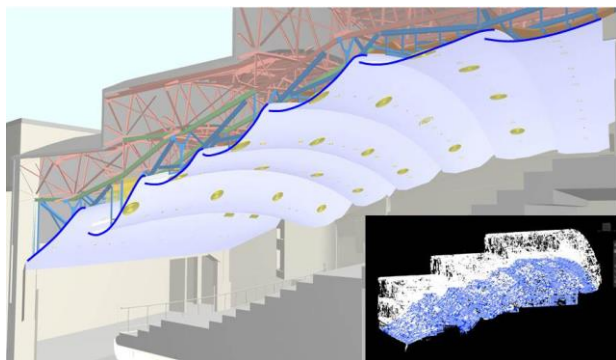


図-5

3.3 3Dモデルの作成

点群データから構造材サーフェスを自動制作する方法では点群の面精度が平滑では無いために不整形な立体になる。mm単位の精度が第一義では無い為、構造図の有無に関わらず規格寸法でモデル入力する。点群と位置合わせを行い、3Dモデルと点群を統合して活用すれば図面化や設計検討がし易い。天井裏外周部の露出していない既存構造材と新たな補強材を繋ぐために、周辺構造材も3Dモ

デル入力する。また、補強材は接合部を避けて計画するため、継手・接合部の位置や形状は重要となる。点群でも確認はできるが、解り易い3Dモデルで多くの関係者と合意形成する。3次曲面天井は屋根トラス梁から天井下地までXYZ座標の全てが異なる。天井下地材に極力近づけて補強材を考えたいが、直線状の補強材を凹凸曲面状の各天井下地に沿わせて最小~最大寸法を守り3D空間で架構を検討して定める。

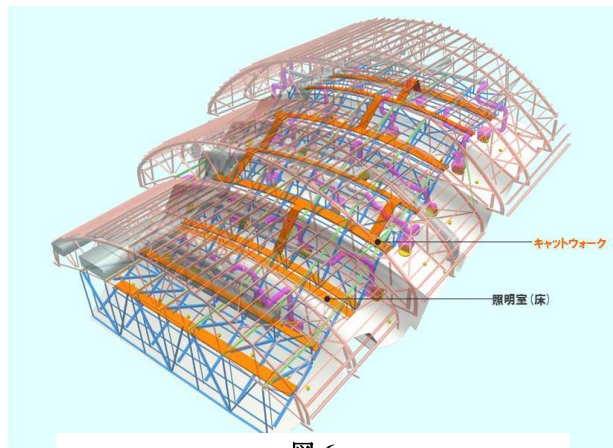


図-6

3.4 設計での活用 点検用キャットウォークを解体復旧

天井裏の点検用キャットウォークを解体復旧し、新たな補強材と既存部分を避けて、複数の天井裏出入口から全ての照明設備への点検ルートの位置検討を行った。天井裏は高低差があり階段も必要で、屋根トラスの隙間を障害なく通れる点検ルートが少なく、2D図面では検討が難しい。障害の度合いを確認する方法として、点検床レベルから確保できる高さが可視化できるように100mm毎の高さを色分けした点検空間(スネークモデル)を作成した。このスネークモデルを使って、点検用キャットウォークの解体復旧を検討した。(図-6)(図-7)

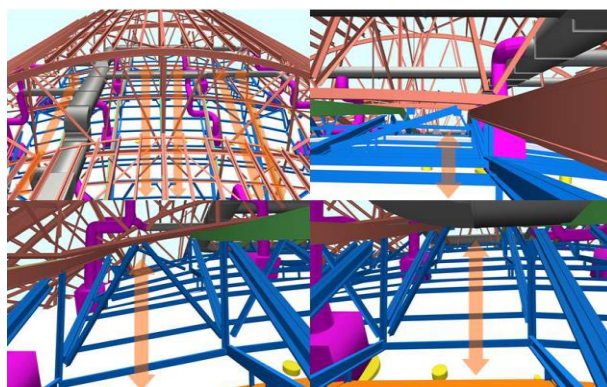


図-7

3.5 設計での活用 干渉チェック

新設ぶどう棚と天井裏設備の干渉チェックを行った。検討した構造補強計画で天井裏設備に盛替えが生じた場合、盛替え後の設備レイアウト・ルートの検討は分類分けした3Dモデルで、容易に前後比較資料を作成し合意形成した。

3.6.まとめ

レーザー測量した点群データの閲覧方法が簡単になり、誰もが現地に行かなくても既存建物の現状を確認しやすくなった。これまでのレーザー測量とモデル化の経験から、点群データと3Dモデルを活用して、既存天井裏の現況へと近づけて再現し、多くの問題点を3Dデータ上で確認して検討・解決する事が可能となった。そして、現場での納まり不具合による手戻り防止や品質向上につながった。

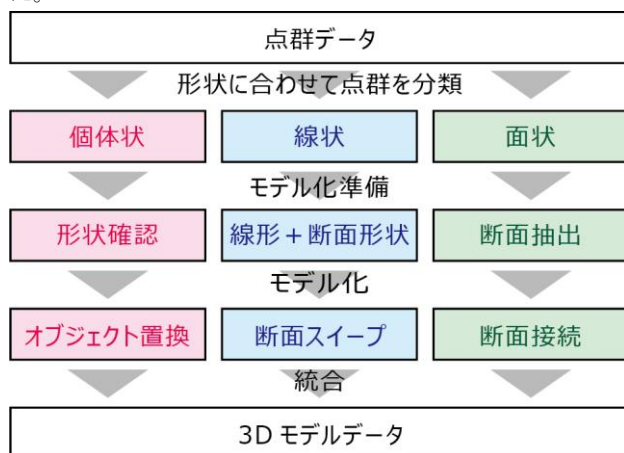
4.土木での事例

4.1 土木の計画地周辺の状況再現に活用した事例

阪急淡路JV工事例では、点群データは現況を確認するには非常に優れているが、広範囲、高密度になるほどデータ容量が増加し、一般的なPCで扱うには操作性が悪くなり実用的でなくなる。また、画面上で確認したい対象物へズームしていくと画面上で点群の密度が低下し視認性が悪くなるため細部の確認が困難になる。そこで点群データを扱いやすくするために3Dモデル化を行った。

4.2.点群から3Dモデル化への手法

都市部の現況データは様々な要素が複雑に絡み合っているため、市販のソフトウェアによる自動メッシュ化を試したが形状の再現性、データ容量のバランスを取るのが非常に難しく変換にかかる時間などを考慮すると現実的ではないと判断した。そこで、図-8のように点群データを整理し体系的なフローにそってモデル化することで変換作業の効率化、実用的なモデル制作へとつながる研究を行った。



4.3.点群データの分類手法

個体状とは、建物や電柱など、決まった部材形状や一定の範囲が一律の形状で出来ている姿の物を指す。次に線状とは、電線やレールなど、連続する同一断面形状で出来ている姿の物を指す。最後に面状とは、地盤や道路など広域に広がる一律性の無い形状を指す。

個体状、線状、面状に点群を分ける際、個体状は建物であれば1棟のように1まとまりの形状ごとに、線状は連続する状態の始点から終点まで、面状は幾つかの範囲に分けて

それぞれ分類を行う。

4.4.個体状のモデル化手法

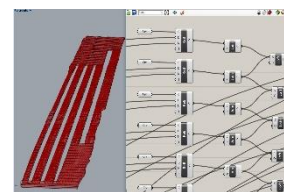
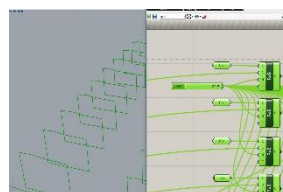
個体状に分類した点群データはモデリングソフトのツールでオブジェクトを配置し3Dモデル化を行なった。

4.5.線状のモデル化手法

線状に分類した点群データは、点群から断面形状、断面の芯の連続をトレースしパス形状を作成した。このパスに断面形状を這わせるスワイプにより3Dモデル化を行なった。

4.6.面状のモデル化手法

面状に分類した点群データは、任意の間隔で断面を切り切断面をトレースし各断面ごとのパス形状を作成した。任意でトレースした各断面パスはポイント数やパスの向きが揃っていないため、図-9や図-10のようなアルゴリズムのプログラムを使い各断面パスのポイント数や向きを揃えてから、自動で面で繋げることで3Dモデル化を行なった。



4.7.データの精度調整

一部単純なアルゴリズムを使い自動化しているが、作業の大半が手作業によるトレースが中心となる。点群トレースの精度確認のため、制作した3DモデルはNavisworks上で点群と重ねることで精度の確認ができるため、必要に応じて元データにもどり調整を行った。また、面状については、断面の間隔を細かくすることで精度向上が図れるので、必要以上に重いデータとなる事がない。

4.8.データ統合

別々に作成した3Dモデルは、元は1つの点群ファイルから分類を行っているため、同一座標系に属している。よって、モデル作成後の統合作業は位置合わせのための調整などは不要となる。図-11は各モデルファイルを統合し1つのシーンとして完成させた状態である。



4.9.3Dモデルの活用

点群データをモデル化することで、モデルの視認性、作業性が向上した。このモデルを使い詳細な干渉チェックや、計画物との離隔確認が可能となった。またプレゼンテーションなどへの展開にもビジュアライゼーションの向上が可能となる。3Dモデル化したデータは3DPDFへのインポートやHMDを使ったVR、タブレットを使ったARなどへも繋げる事ができ、コミュニケーションの場で活用する機会が増える。また、BIM、CIMソフトへ展開することで属性を持たせ維持管理の場でも活用が可能となる。

4.10.まとめ

形状の再現において、点群と重ねることで制作物の精度の確認がとれ、目的に沿った精度とハンドリングの良いポリゴンの維持が可能となった。今までは周辺環境のモデル化手法は写真からモデル化や素材として販売されているものを使用していたが、周辺環境そのものに精度を求められると根拠が乏しい所があったが、今回の試みでモデル化のベースが点群である為、精度の高い周辺環境モデルが作成可能となった。ビジュアライゼーションに繋げる場合に点群の際と一緒に撮影している360°画像をモデルへのテクスチャ素材として活用することで、モデル化以降のリアリティある表現へと繋げることも可能である。

5.1.設計者と土木施工者の評価

5.1.1.建築設計者評価:土井原泉統括グループリーダー

今回の耐震改修計画は、既存図面が残っていなかったため、天井裏からのレーザー3D測量と現地実測による既存図面の復元を行うことからスタートした。3Dデータは、既存屋根架構や天井形状を把握し、補強材と天井内設備やキャットウォークの検討にも活用した。レーザー測量とBIMを組み合わせた活用は、既存建物の現状把握と関係者同士のコミュニケーションに有効だった。また、顧客への説明もわかり易くできた。今後もBIMなどの新しい技術を設計に活用し、品質の確保と効率化に役立てたい。

5.1.2.土木現場担当者評価:森口智聡工事課長

これまで膨大な作業量となり、所要時間や経費という観点も含め実用レベルで考えた時に、不可能と言われてきた点群データのソリッド化に挑戦したことは大きい。特に、データ変換のプロセスの一部に、アルゴリズムによる自動化などを取り込み、複雑な形状を簡易な方法で作成出来る手法となっている等、これまでにない発想を導入し、今後のモデル化への指標、方向性を示し、フローの確立が出来た事は大きな成果となった。しかし、大部分においては相当な手間を要する手作業の処理が中心となっており、改善の余地がある。各工程の効率化、ソフト開発やプログラミングにより、モデル化への自動化が可能となれば、飛躍的な省力化へ繋がり、より実用的なレベルでの導入が可能となると考える。

6.今後の課題と対応

課題と対応を活用フローで整理した。(図-12)

① レーザー計測での課題と対応

- ・天井裏のような設備機器が密集した場所は、レーザーの届かないためブラインドが生じて、計測できない。
- ・コンパクトなレーザースキャナを併用して、コストダウンを検討する。
- ・レーザー計測では、mm単位の誤差があり、初期段階で顧客と目的と精度の確認が必要。

② 点群データの作成での課題と対応

- ・点群データが容易に扱えるようになってきている。
- ・点群データの分類と作成の効率化自動化

③ 3Dモデル作成の課題と対応

- ・点群データから3D化をむやみに行う必要は無い。
- ・3Dモデル作成の目的に応じて3Dモデル化する。
- ・後工程の活用情報の理解が必要。

④ 設計・施工活用の課題・対応、

- ・点群を使って、現地に行かなくても現状を確認できる。
- ・点群を情報資産として残せて更新できる。
- ・点群は、継続的な記録データとして認知されている。

BIM・CIMとレーザー測量活用の課題と対応

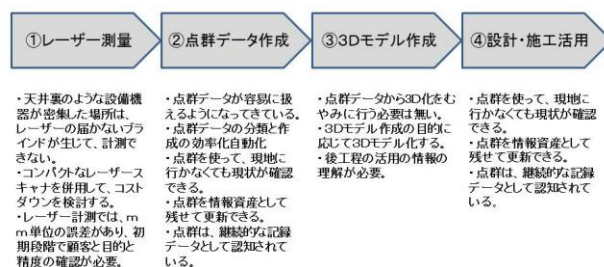


図-12

今後、扱い易くなってきた点群データと3Dモデルをどう活用するかが重要。活用フローを使って、顧客ニーズや利用目的を整理する。レーザー測量から点群データ取得、モデリング、活用まで一貫して対応し、効率や品質を向上させる。作業の効率化とデータの高品質化のため、社内外と連携し情報交換する。実績を重ねながら経験のフィードバックを繰り返し、活用フローを改善し、新しいサービスの検討と提供を積極的に進める。

謝辞

本研究のための事例、データの収集、検討にあたり、下記の法人及び関係者の方々にご協力いただきました、ここに深く感謝申し上げます。

1. 鹿島建設株式会社 建築設計本部
2. 鹿島建設株式会社 土木管理本部生産性推進部
3. 鹿島建設株式会社 阪急淡路JV工事事務所

【参考文献】

- 1) 文教施設 72 2018 秋号 話題の施設 共立女子学園共立講堂
- 2) 近代建築 2018. 8.