

技術開発成果報告書

事業名 ・住宅等に係る省資源、廃棄物削減に資する技術開発	課題名 改修工事におけるエコ生産のための 3次元レーザスキャナーを用いた計測の技術開発
1. 技術開発のあらまし (1) 概要 本研究では、改修工事に先立ち、既存建物の躯体、仕上げ、設備等の位置や寸法を3次元レーザスキャナーで正確に計測し、竣工図では得られない精度の高い3次元情報を取得し、この情報を用いて部材の工場での事前加工・切断を行うための、計測技術、データ処理技術、図面作成技術、施工技術等を開発した。そして、この技術によって、現場合わせによる切断を無くすことによって、残材廃棄物をゼロにするとともに、無騒音・無粉塵のエコ生産を目指し、多くの実験を通じてこれを実証した。 (2) 実施期間 平成21年度 ～ 平成23年度 (3) 技術開発に係った経費（3年間の合計） 技術開発に係った総経費 41,000千円（補助金の額 20,000千円） (4) 技術開発の構成員 ・学校法人早稲田大学（理事長 鎌田 薫） ・新菱冷熱工業株式会社（代表取締役 志田 均） ・前田建設工業株式会社（建築事業本部 常務取締役 永尾 眞） (5) 取得した特許及び発表した論文等 取得した特許 1. 建築生産システム（特許第5235235号） 発表した論文 1. 平成22年9月7日 社団法人日本ロボット工業会(新菱冷熱工業株式会社 中央研究所 イノベーションシステムグループ 酒本晋太郎 他) タイトル：3次元CADモデルに基づく墨出しシステムの開発 2. 平成23年6月29日 ISARC2011（新菱冷熱工業株式会社 中央研究所 イノベーションシステムグループ 酒本晋太郎 他） タイトル：LASER MARKING SYSTEM BASED ON 3D CAD MODEL 3. 平成23年8月、平成24年9月 日本建築学会(早稲田大学 建築学科 教授 嘉納成男 他) タイトル：改修工事におけるエコ生産のための3次元レーザスキャナーを用いた計測技術の開発（その1～その6） 4. 平成24年9月 コンクリート工学（早稲田大学 建築学科 教授 嘉納成男 他1名） タイトル：3次元レーザスキャナーによるコンクリート躯体の計測とその形状解析 5. 平成25年6月 日本建築学会（早稲田大学 建築学科 助手 石田航星 他6名） タイトル：内装部材のプレカット化のための3次元レーザスキャナーを用いた計測と生産設計の手法に関する研究 6. 平成25年8月 建設機械（新菱冷熱工業株式会社 中央研究所 イノベーションシステムグループ 酒本晋太郎 他8名） タイトル：トータルステーションによる自動位置決めシステム	

2. 評価結果の概要

(1) 技術開発成果の先導性

本研究において開発した成果は、以下の4点がある。

- ① 改修工事における3次元スキャナーを用いた計測方法（地墨に合わせた通り芯の取り方など）及びその点群データの統合、ノイズの除去等の技術を確立した。
- ② 点群データに基づいて、既存建物の配置・形状・寸法を求める技術、及びそれを用いて、新規取り付け部材の寸法・形状を設計する技術を確立した。
- ③ プレカットした部材を用いて、現場では取り付けのみを行うため、RFIDを用いた部品管理、3次元レーザー計測機を用いた取り付け位置の指示を行う一連の技術を確立した。
- ④ 以上について、実際の現場における試行実験を行い、方法、技術、システムの有効性を確認した。

(2) 技術開発の効率性

本技術開発においては、①3次元スキャナー計測に関わる実験、②計測データの解析・データ処理システムの開発、③実験に関わる機器の開発にその資金を使用した。実験については、構成員の施設及び施工中の現場を使用することによって多くの費用を節約でき、また実験については多くの学生が関与し人件費を節約することが出来ている。また、システム開発及び機器の開発については、構成員が有する既往の研究成果から生み出されたアルゴリズムや装置を応用して開発に当たり、その開発経費を節約している。

(3) 実用化・市場化の状況

本研究によって、改修工事におけるエコ生産を可能にする下記の技術を開発し、様々に現場実験において適用してその技術が実用可能であることを検証した。

今後、以下に示す本研究成果である5つの技術を用いて、システムの自動化や計算速度の向上、機器駆動の高速化を図ることで、実用化・市場化が果たし得ると考えられる。

- ① 小規模・大規模空間、中規模・大規模壁面、狭隘な空間等多くの条件における3次元スキャナー計測によって、計測精度を実務上の許容範囲内に納める計測技術
- ② 計測した点群について、ノイズの除去、点群の平滑化等の処理を行い、3次元CADモデルに変換する技術
- ③ 3次元CAD上において、点群から得た既存建物のCADモデルを用いて部材設計を行う技術
- ④ 3次元CADモデルの情報を用いて部材のプレカット化を果たし、工事現場で部材切断による残材廃棄物の低減、騒音・粉じん等の低減する技術
- ⑤ 計測した点群に基づく3次元CADモデルを使用して、部材の位置情報をトータルステーションに送り、レーザー照射によって作業者に取り付け位置を正確に指示し、墨出し無しで取付作業を効率的に実施する技術

(4) 技術開発の完成度、目標達成度

本研究においては、改修工事におけるプレカット部材の使用するために必要な、計測技術、部材設計技術、施工技術を開発している。

計測技術については、既存建築物の計測方法、点群処理方法を開発し、その実験システムを作成し、実験データの処理を行い、その有用性を確認した。部材設計技術では、計測した点群からポリゴンモデルを作成する一連の処理手順を纏め、3次元CADによる部材設計に役立てる方法を確立した。この一連のシステムは、間仕切り壁のボード材の切断形状、軸材の部材寸法の割り出しに役立つことを実験で確認した。施工技術では、プレカットした部材について、RFIDを取り付け、その部材管理を行うシステムを開発した。また、このシステムに予め登録した部材の取り付け位置座標に基づいて、3次元レーザー計測機を用いて作業者に各部材の取り付け位置をレーザー光で指し示す技術を開発した。

以上の技術体系を図.1（次ページ）に示す。

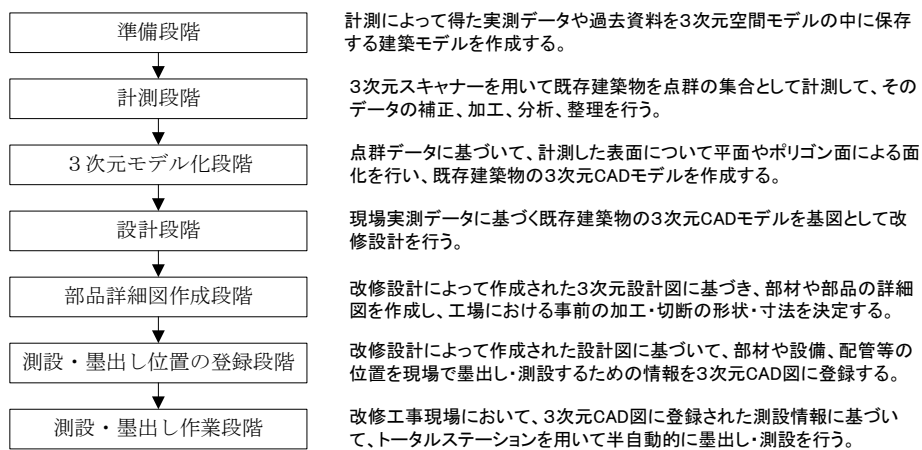


図. 1 改修工事のフローにおける本研究で開発した技術体系

(5) 技術開発に関する結果

・成功点

既存建物の形状や寸法を3次元計測によって正確に把握する技術を確立したことによって、現在進捗しつつあるBIM(Building Information Modeling)における3次元CAD設計活動と連携する改修プロジェクトのデータハンドリングを可能にする技術が確立された。すなわち、建築の改修工事における設計活動を3次元CADを用いて効率的に実施する方法論と、既存の建築物の状況を3次元計測によって正確に把握し設計活動に活かす方法論を統合することによって、施工段階において廃棄物の低減や騒音・粉塵の低減を果たす技術となった。

・残された課題

3次元計測及び3次元設計に基づく本方法論を更に展開するには、建築物を対象とした点群データを処理する一連のシステム(3次元建築用点群計測・データ処理・設計システム)が、広く普及する必要がある。現在、点群処理のシステムは市販では多くあるが、その用途は幅広い領域を対象としているために、改修工事で使用しようとする、システムの操作に多大の人手を掛ける必要があり、まだ実用段階で使える状態ではない。このため、建築の計測・設計・施工を前提としたシステムの開発とその普及が必要である。

3. 対応方針

改修工事における廃棄物や騒音・粉塵を低減させるためには、新たに取り付ける部材のプレカット化が不可欠であり、計測したプレカット部材の形状・寸法を設計図に記載する必要がある。このためには、改修部分で使用する部材すべての形状や寸法を正確に設計図として表現することが必要となるが、その部材数は膨大な数になることが予想される。従来の設計図では、図面に記載する部材は主要な部分のみとすることによって、すべてを記載することはなかった。今後は、既存建物形状に合わせて各所で寸法の異なるプレカット部材のすべてを設計図に記載し、それに基づいてプレカット工場ですべてに事前切断・加工が為されなければならない。

上記を達成するには、プレカット部材の配置や組み合わせ等について、設計規準や作業規則に基づき自動的に詳細な部材設計を実行する技術が必要であり、設計者が部材一つ一つを3次元CAD上に配置することを無くす技術、すなわち部材の自動配置設計システムの開発が今後の重要な課題となる。