

4) - 4 建築部材部品の形状確認における3次元計測技術の活用に関する研究【持続可能】

Study on the use of 3D measurement technology in confirming the shape of building component parts

(研究開発期間 平成30～令和2年度)

建築生産研究グループ
Dept. of Production Engineering

武藤 正樹
MUTO Masaki

高林 弘樹
TAKABAYASHI
Hiroki

小林 英之
KOBAYASHI
Hideki

In this study, we constructed and experimented with a measurement device for building parts using a robot, based on the arrangement of shape confirmation methods for quality control and the trend of using 3D measurement technology in building production. From the results of this experiment, the items that should be considered in confirming the shape of building component parts by 3D measurement were summarized.

[研究開発の目的及び経過]

建設作業員減少に対する現場作業の省力化や、BIMに代表される昨今のデジタル技術活用の潮流の中で、品質管理のシーンにおいて3次元計測技術とBIMを連携し、複雑な形状を合理的に計測しようとする試みが見られる。多様な形状を柔軟に計測可能な3次元計測技術は今後より一層活用されていくことが予測されるが、建築の部材部品は多種多様であり、それぞれに要求される精度などの特性に応じた計測及びその評価方法の活用が求められる。

本研究課題の目的は、施工計画書の中で示される品質管理における形状確認の方法について、部材部品の要求精度等に応じた適切な3次元計測方法であるかの評価に関する技術資料の提供である。前述のように現実空間における物体の形状は図面や設計図書で示される形状とおよそ同一であっても微妙に異なることがほとんどである。人間は視覚や経験からこれらを比較照合しているが、こうした属人的な知識の形式化に関する検討を以って、計測方法の評価に関する知見を広く整理できると考える。

[研究開発の内容]

本研究課題では、(a) 品質管理に適した3次元計測方法の検討、(b) 部材部品の全体形状の計測手法の検討、(c) 設計データと計測データの比較照合の検討の3項目に関して取り組む。なお、本研究においては今後プレ加工/施工の役割が増すことが予想されることから部材部品の製作工場等(屋内)での計測を対象とし、施工現場(屋外)での計測は対象に含めない。

(a) 品質管理に適した3次元計測方法の検討

初めに、品質管理のための形状確認に関する資料を収集、整理し、使用する機器や寸法許容差等について把握した。その結果、寸法公差や許容差は建築工事標準仕様書等にまとめられており、3次元計測の適用によって変化し得るものではないことを確認した。

次に、3次元計測技術の活用動向について、計測技術の方法とそれらの特徴について整理と、建築生産・施工分野での事例の収集、整理を行った。3次元計測方法は能動的計測法と受動的計測法に大別され、それぞれに分類される下記の技術についてその特性を整理した。

・能動的計測法

光レーダ法：レーザスキャナ、レーザ距離計
(プロジェクタ+受光センサ)
光時間差法(Time of Flight, ToF)
光位相差法(Phase Shift)
アクティブステレオ法：カメラ+プロジェクタ
スリット光投影法(光切断法)
符号化パターン投影法
繰返しパターン投影法

・受動的計測法

レンズ焦点法：顕微鏡
パッシブステレオ法：カメラ
両眼視差法
多眼視法

図1 調査対象の技術

(b) 部材部品の全体形状の計測手法の検討

3次元計測機器はレーザスキャナやステレオカメラ等が一般的であるが、これらの機器による計測では、機器から見えない部分(計測対象物の裏側等の遮蔽された部分)を計測することはできず、異なる位置から計測を行い、得られる複数の点群データを統合する(以下、レジストレーションとする)必要がある。単体の点群データを高精度に取得できても、レジストレーションの方法

によっては、全体の部品形状を正確に得ることができず、寸法や形状の評価が困難になる。レジストレーションの方法は、計測対象物の大きさや計測機器、実際の計測方法と密接に関わるため、全体の条件を考慮し計測方法を計画する必要がある。

本研究では、マニピュレータ（6 回転軸）、コントローラ、ティーチングペンダントから成るロボットに、比較的高精度に点群データを取得可能な装置である、アクティブステレオ方式（位相シフト方式）のステレオカメラを組み合わせた計測装置を作成し、様々な位置姿勢から複数回計測を行い、これらをレジストレーションし部品形状全体の点群データを取得するプログラムを開発した。

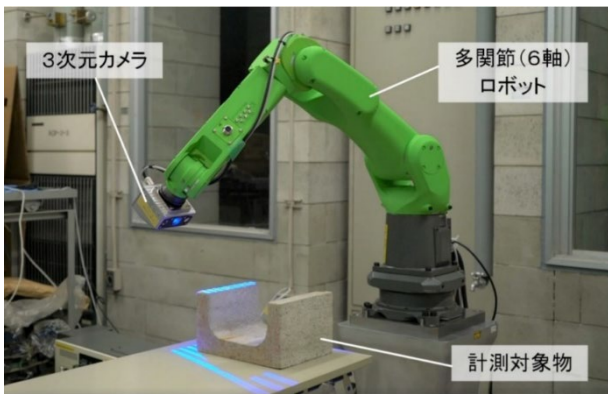


写真1 計測装置の構成

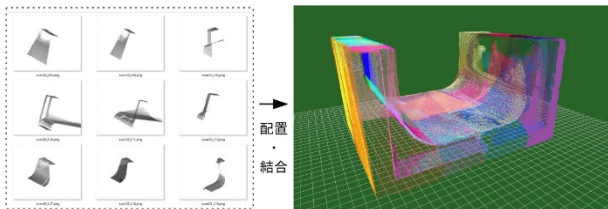


図2 取得した点群データとレジストレーション結果

(c) 設計データと計測データの比較照合の検討

本研究では複数のソフトウェア、プログラムを利用、開発しデータを連携させた。計測対象物の3次元モデルの作成、点群の取得、比較照合までの流れを図3に示す。

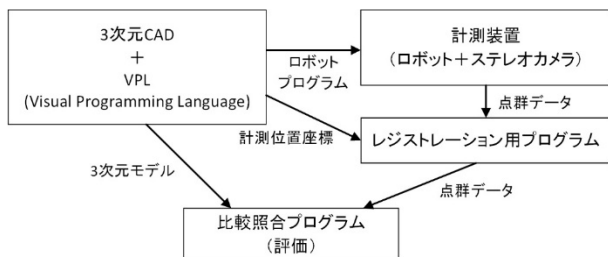


図3 点群の取得と比較照合の流れ

本研究では、これら測定と比較照合の2種類に対応する機能をプログラムとして実装し、当該ソフトウェアやプ

ログラムを用い、部品の3次元モデルの作成、ロボットプログラムの作成、点群データの取得、取得した点群データのレジストレーション、レジストレーション後の点群データ（出来形）の測定と3次元モデル（設計）との比較照合を行った。

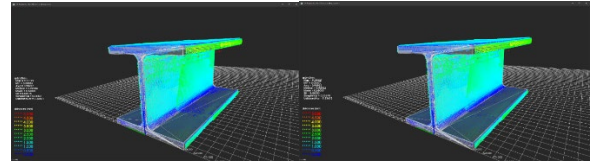


図4 H形鋼の点群データと3次元モデルの比較
左：照明有り、右：照明無し

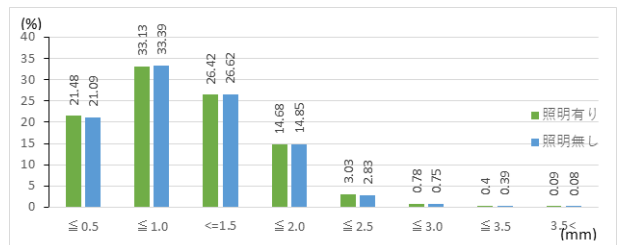


図5 H形鋼の点群データと3次元モデルの比較
(距離別の点群数の割合)

【研究開発の結果】

本研究では、品質管理のための形状確認方法の整理、建築生産における3次元計測技術の活用動向を踏まえ、ロボットを活用した建築部品の計測装置の構築と実験を行った。構造材程度の許容誤差を認識可能なアクティブステレオ法のステレオカメラとロボットを組み合わせた計測装置と、点群データの取得から比較照合までの処理を開発した複数のソフトウェア、プログラムを利用し、データを連携させることで部材の3次元計測実験を行った。この実験結果から、3次元計測によって建築の部材部品の形状を確認する上で検討すべき項目を整理した。

この知見を踏まえ、建築確認検査に係る BIM、AI、IoT 等の新技術の活用のニーズと、そのニーズに応じた規制の精緻化の可能性及びその課題を整理し、新技術の活用を推進するために必要となる建築規制の課題、方向性等に係る調査（NEDO 事業「規制の精緻化に向けたデジタル技術開発」）の内、施工現場における施工出来形の計測技術の適用性について、当該技術を保有する者に対して、ヒアリングを実施し、新技術の活用を推進するために必要となる建築規制の方向性の検討を実施した。