The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	建築工事における点群データを利用した出来形計測に関する研究
Author(s)	池田, 雄一
Citation	大阪大学, 2023, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/92959
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

様式３

論　文　内　容　の　要　旨

氏　名　（　池　田　雄　一　）	
論文題名	建築工事における点群データを利用した出来形計測に関する研究

論文内容の要旨

本論文は，建築工事における出来形計測に関して，点群データを利用した各種計測手法を提案し，それらの計測手法の精度および生産性を検証した内容をまとめたものである。以下に示す5章から構成される。

第1章では，研究の背景として，昨今の国内の建築工事の建設労働者数に対して工事量が多い状況とその課題，建築工事におけるBIM（Building Information Modeling）の普及状況，同，現状の出来形計測の課題，同，点群データの利用に関する問題点などについてまとめた。また，研究の目的を，建築工事の施工管理業務のうち，点群データを活用した出来形計測の手法を考案し，その有効性を検証することとした。

第2章では，点群データの取得方法を整理し，目的，状況や条件に応じて使い分けることをまとめた。また，既往の研究における点群データの利用・分析方法を分類した。次に，杭工事における杭芯計測の手法を二つ考案し，考案した手動計測および自動計測について新規性を示した。また，開発した耐火被覆吹付けロボット（以下，ロボット）および技能工が吹付けた耐火被覆の厚さを計測し，分析するにあたり，点群データを活用した自動計測方法を考案し，その新規性を示した。

第3章では，UAV（Unmanned Aerial Vehicle）を利用して撮影した写真をSfM（Structure from Motion）ソフトウェアに入力し，生成された点群データを利用して杭工事における出来形計測のうち，杭芯計測を行う方法論をまとめた。実工事における実験によって，主に精度面の有効性を確認することができた。SfMソフトウェアにより生成された点群データから手動で杭芯計測を行った場合の計測精度は，GNSS（Global Navigation Satellite System）測量と同等であった。この計測精度は点群データの生成精度に依存すると考えられる。点群データの生成精度は，GCP（Ground Control Point）の測量精度（現地座標の信頼性）および撮影に用いたカメラの解像度やUAVの飛行高度などを含めたSfMソフトウェアの計算精度に依存する。次に，SfMソフトウェアにより生成された点群データから自動で杭芯計測が行えることを実証した。計算範囲を絞り込み，段階的に計算することで効率良く算出できることがわかった。自動計測の結果は杭頭部に付着した土の影響で手動計測の結果に対して差異があったが，杭頭部に付着した土の影響を排除すれば，手動計測と同等の結果が得られると推察できた。

第4章では，耐火被覆工事の品質管理において点群データを活用する方法論をまとめた。具体的に，耐火被覆のロボット施工の品質管理に従来の手動計測に変えて，点群データを活用した自動計測を提案し，その有効性を実施工において確認した。まず，耐火被覆の吹付け前後の点群データをTLS（Terrestrial Laser Scanner）でそれぞれ取得し，それらを差分計算することで耐火被覆の厚さを計測できることを示した。また，その統計データは手動計測と概ね一致したことを確認した。次に，技能工の吹付け厚さを分析したところ，平均値と標準偏差がロボット施工より明らかに小さく，材料の無駄使いを最小限にし，効率良く規定厚さを満足して吹付けていることがわかった。さらに，ロボット施工の目標厚さの設定には，厚さの標準偏差σに注目し，規定厚さに2σを加えた値を目標平均値にする手法を考案した。この手法は，補修吹付けを前提とした場合，規定厚さ未満になる割合と材料ロスの点で最もバランスが良かった。最後に，目標厚さを設定して耐火被覆のロボット施工を行った結果，規定厚さ未満の箇所を効率良く縮小でき，統計上，理論値に近い吹付け厚さを確保することができた。

第5章では，本論文の結論をまとめた。本論文で提案した杭芯計測の手法は，鉄骨柱やプレキャストコンクリート部材の柱の建入れ精度の出来形計測が適していると考える。一方，計測精度面において，実工事に適用するレベルには到達していないことが確認できた。この点については，高解像度のカメラを使用してSfMソフトウェアにより点群データを生成する方法，または，TLSにより点群データを取得する方法，によって点群データを取得することでTSの計測精度にかなり近づくことが，理論上，明らかである。また，耐火被覆吹付け厚さの計測管理手法について，今後は，他工事への展開を考えて行く。一方，耐火被覆のロボット施工においては，これで品質面の管理手法が確立できたため，今後は，歩掛りを含めた生産性の分析に注力し，技能工以上の生産性が得られるよう研究を継続して行く。

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名　（　池田　雄一　）			
論文審査担当者	（職）		氏　名
	主 査	教授	矢吹　信喜
	副 査	教授	紀伊　雅敦
	副 査	准教授	福田　知弘

論文審査の結果の要旨

本論文は，建築工事における出来形計測に関して，点群データを利用した各種計測手法を提案し，それらの計測手法の精度および生産性を検証した内容をまとめており，以下に示す 5 章から構成されている。

第 1 章では，研究の背景として，昨今の国内の建築工事の建設労働者数に対して工事量が多い状況とその課題，建築工事における BIM（Building Information Modeling）の普及状況，同，現状の出来形計測の課題，同，点群データの利用に関する問題点などについてまとめている。また，研究の目的を，建築工事の施工管理業務のうち，点群データを活用した出来形計測の手法を考案し，その有効性を検証することとしている。

第 2 章では，点群データの取得方法を整理し，目的，状況や条件に応じて使い分けることをまとめている。また，既往の研究における点群データの利用・分析方法を分類している。次に，杭工事における杭芯計測の手法を二つ考案し，考案した手動計測および自動計測について新規性を示している。また，開発した耐火被覆吹付けロボット（以下，ロボット）および技能工が吹付けた耐火被覆の厚さを計測し，分析するにあたり，点群データを活用した自動計測方法を考案し，その新規性を示している。

第 3 章では，UAV（Unmanned Aerial Vehicle）を利用して撮影した写真を SfM（Structure from Motion）ソフトウェアに入力し，生成された点群データを利用して杭工事における出来形計測のうち，杭芯計測を行う方法論をまとめている。実工事における実験によって，主に精度面の有効性を確認することができている。SfM ソフトウェアにより生成された点群データから手動で杭芯計測を行った場合の計測精度は，GNSS（Global Navigation Satellite System）測量と同等であったことを示している。この計測精度は点群データの生成精度に依存すると考えている。点群データの生成精度は，GCP（Ground Control Point）の測量精度（現地座標の信頼性）および撮影に用いたカメラの解像度や UAV の飛行高度などを含めた SfM ソフトウェアの計算精度に依存すると考えている。次に，SfM ソフトウェアにより生成された点群データから自動で杭芯計測が行えることを実証している。計算範囲を絞り込み，段階的に計算することで効率良く算出できることを示している。自動計測の結果は杭頭部に付着した土の影響で手動計測の結果に対して差異があったが，杭頭部に付着した土の影響を排除すれば，手動計測と同等の結果が得られると推察している。

第 4 章では，耐火被覆工事の品質管理において点群データを活用する方法論をまとめている。具体的に，耐火被覆のロボット施工の品質管理に従来の手動計測に変えて，点群データを活用した自動計測を提案し，その有効性を実施工において確認している。まず，耐火被覆の吹付け前後の点群データを TLS（Terrestrial Laser Scanner）でそれぞれ取得し，それらを差分計算することで耐火被覆の厚さを計測できることを示している。また，その統計データは手動計測と概ね一致したことを確認している。次に，技能工の吹付け厚さを分析したところ，平均値と標準偏差がロボット施工より明らかに小さく，材料の無駄使いを最小限にし，効率良く規定厚さを満足して吹付けていることを示している。さ

らに，ロボット施工の目標厚さの設定には，厚さの標準偏差σに注目し，規定厚さに2σを加えた値を目標平均値にする手法を考案している。この手法は，補修吹付けを前提とした場合，規定厚さ未満になる割合と材料ロスの点で最もバランスが良かったことを示している。最後に，目標厚さを設定して耐火被覆のロボット施工を行った結果，規定厚さ未満の箇所を効率良く縮小でき，統計上，理論値に近い吹付け厚さを確保することができている。

第5章では，本論文の結論をまとめている。本論文で提案した杭芯計測の手法は，鉄骨柱やプレキャストコンクリート部材の柱の建入れ精度の出来形計測が適していると考えている。一方，計測精度面において，実工事に適用するレベルには到達していないことが確認している。この点については，高解像度のカメラを使用して SfM ソフトウェアにより点群データを生成する方法，または，TLS により点群データを取得する方法，によって点群データを取得することで TS の計測精度にかなり近づくことが，理論上，明らかなことを示している。また，耐火被覆吹付け厚さの計測管理手法について，今後は，他工事への展開を考えて行くとしている。一方，耐火被覆のロボット施工においては，これで品質面の管理手法が確立できたため，今後は，歩掛りを含めた生産性の分析に注力し，技能工以上の生産性が得られるよう研究を継続して行くとしている。

以上のように、本論文は環境エネルギー工学の発展に寄与すること大である。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。