HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	大規模構造物に対する3次元現況反映型モデル生成のための高精度モデリング手法と最適撮影計画手法の開発［論文内容及び審査の要旨］
Author(s)	森谷, 亮太
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(情報科学)
Dissertation Number	甲第14597号
Issue Date	2021-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/81542
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Moritani_Ryota_review_210730.pdf, 審査の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称　博士 (情報科学)　氏名　森谷　亮太

審査担当者　主　査　教　授　金井 理
副　査　教　授　小野里 雅彦
副　査　教　授　近野 敦
副　査　准教授　伊達 宏昭

学位論文題名

大規模構造物に対する 3 次元現況反映型モデル生成のための高精度モデリング手法と最適撮影計画手法の開発
（Development of high-precision modeling and optimum view planning methods for 3D as-is model reconstruction of large-scale structures）

社会インフラや化学プラントなど大規模構造物の高経年化と維持管理コスト増大は, 近年, 我が国の社会的課題の一つであり, その解決のための情報技術開発が求められている. 特に, プラント設備の現況構造把握や改修工事設計用の 3 次元モデルを作成する技術や, 損傷などをユーザが直感的に理解しやすい 3 次元形式で記録表現する技術は, 維持管理に重要な情報技術の一つとなる. 現在, このような大規模構造物の 3 次元 as-is(現況反映型) モデルを生成する手段として, 地上型レーザスキャナ (TLS) によるレーザ計測と,Structure from Motion-Multi-View Stereo (SfM-MVS) による写真計測が活用されている. しかし, レーザ計測では 3 次元計測点群の位置合わせ (レジストレーション) とモデリング処理の誤差重畳によりモデル化精度が低下する問題, また写真計測では高品質な as-is モデルを生成できる画像撮影位置 (カメラポーズ) や枚数を人間が判断することが困難である問題が残されている.

本論文は, レーザ計測および写真計測のもつこれら問題点の解決を目指し, 大規模構造物に対する高精度な 3 次元 as-is モデルを効率的に生成可能な手法を開発し, その有効性を実験的に検証することを目的としており,5 章から構成されている.

第 1 章「緒論」では, 本研究の背景および目的, 並びにレーザ計測および写真計測を用いた大規模構造物の計測と as-is モデル化手法とその特徴, 現状の技術課題, ならびに本論文の目的が述べられている.

第 2 章「円筒オブジェクト一致制約を利用したレジストレーションとモデリングの同時処理手法の開発」では, プラント設備をレーザ計測した大規模 3 次元計測点群からの高精度な 3 次元 as-is モデル生成のため, 点群内の円筒配管計測点を自動抽出し, その円筒配管自身を位置合わせの幾何形体として活用し, 点群レジストレーションと円筒モデリングを一つの非線形最適化問題を解くことで同時に処理可能なモデリング手法が提案されている. またこの手法により, 点群レジストレーションと円筒モデリング処理の誤差重畳による精度低下が改善され, 配管中心軸間のモデル化誤差が疑似計測点群ではサブ mm に, また総計測点数 5 億点以上のプラント実計測点群でも平均誤差 1.6mm, 最大誤差 4.0mm に抑えられ, プラント設備改修に必要とされるモデル化精度の条件を達成していることが述べられている.

第 3 章「SfM-MVS による効率的で高精度な as-is モデル生成のための最適撮影計画支援手法の開発」では, 橋梁や建物等の 3 次元 as-is モデルを SfM-MVS により写真計測し生成する際に, 高精度なモデル化が可能な最適カメラポーズを計算機支援により推定する手法が提案されている. 提案手法は, 短時間で完了する既撮影画像の SfM 処理結果のみに基づいて近似物体表面モデル生成, 最終生成モデル品質予測, 低品質領域の最適選択, 追加撮影のカメラポーズ推定を行うため高速な実行が可能である. また特にモデル品質予測指標として, 再構成モデル上の欠損領域や形状誤差との相関が十分な指標を独自に考案している. さらに, 本手法を用いた最適カメラポーズで撮影された画像群と, ランダムなカメラポーズで撮影された同一枚数の画像群とをそれぞれ用いて生成された as-is モデルの品質を比較し, 最適カメラポーズを用いた方が, モデル化可能領域やモデル化精度がいずれも良好なことが示されている.

第 4 章「スマートフォンとクラウドシステムを活用した最適撮影計画支援システムの実作業 as-is モデル記録への応用」では, 写真計測による実建設作業現場の 3 次元記録へ, 前章の最適撮影計画支援手法を応用するための具体的なシステム実装方法を提案している. すなわち, スマートフォンとクラウドシステムに撮影計画支援手法を統合することで, 現場での画像撮影直後に as-is モデル品質改善のための最適な追加撮影カメラポーズを数分程度でクラウド上の計算機が推定し, その撮影目標点重畳した画像をメッセージアプリにより現場撮影者のスマートフォンにただちに送信するシステムにより, 少数の追加画像撮影の反復により逐次的に as-is モデルの品質を改善可能な写真計測プロセスを実現している. また数か所の工事現場の 3 次元進捗記録に提案システムを適用し, 再構成モデル上の欠損領域がこの手順に従った追加撮影で効率的に縮小できることが示されている.

第 5 章「結論と今後の課題」では, 各章で得られた成果の要点と, 今後の課題がまとめられている.

これを要するに本論文は, レーザ計測や写真計測を用いた, プラント設備や社会インフラなど大規模構造物の高品質な現況反映型モデルを効率的に生成できる 3 次元幾何情報処理技術を新たに提案し, その有効性を実験的に検証したものであり,3 次元コンピュータビジョン, ディジタルエンジニアリング, プラントエンジニアリング, 土木情報学の発展に寄与するところ大なるものがある, よって著者は, 北海道大学博士 (情報科学) の学位を授与される資格あるものと認める.