



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	プラント改修向けas-builtモデル構築のための地上型レーザスキャナの最適配置計画 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	脇坂, 英佑
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(情報科学)
Dissertation Number	甲第13302号
Issue Date	2018-09-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/71903
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Eisuke_Wakisaka_abstract.pdf, 論文内容の要旨



学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士の専攻分野の名称 博士(情報科学) 氏名 脇坂 英佑

学 位 論 文 題 名

プラント改修向け as-built モデル構築のための 地上型レーザスキャナの最適配置計画
(Optimal Placement of a Terrestrial Laser Scanner for As-built Modelling for Plant Renovation)

温室効果ガス削減の流れを受け、空調設備分野では、近年、省エネルギーを目的とする既存設備の改修の需要が高まっている。改修工事では、既存の熱源プラントや配管系統などの現況をまず計測し、その一部を新規設備と交換する作業が必要となる。近年、その計測の高精度化・効率化を図るため、3次元地上型レーザスキャナ(TLS)が導入され始めている。TLSにより計測された既存設備の3次元計測点群から、設備の現況形状と配置を反映した3次元 as-built モデルを構築することで、改修に必要な調査期間の短縮と綿密な計画立案が可能となっている。本来、改修工事に求められる精度品質の3次元 as-built モデルを構築するためには、設備各部に要求される計測条件の制約を満たすよう、設備内に地上型レーザスキャナ(TLS)を適切に設置し、効率的に設備を計測することが望ましい。しかし現状は、熟練オペレータの判断のみでこのスキャナの配置が決定されているため、その配置において計測条件の制約が満たされ、求められる精度品質の3次元 as-built モデルが生成できるという保証が必ずしも無いのが実情である。本研究はこの問題を解決するため、事前調査時に既存設備をカメラで撮影した多数の画像から Structure-from-Motion (SfM) を用い計測対象設備のラフな3次元モデル(SfM モデル)を生成し、この SfM モデルを活用し、TLS 計測時のレーザの入射角や計測距離、点群間の位置合わせのための点群間重複制約を満たし、計測必要箇所の計測率を最大化する最適スキャナ配置を、整数計画問題等の最適化手法を用いて計算機により合理的に導出する手法を提案することを目的とした研究である。

本論文は、5章から構成される。

第1章「緒論」では、研究背景である3次元 as-built モデル構築を目的とした TLS の適切な配置および計測の重要性を述べるとともに、従来の TLS を対象とした最適スキャナ配置計画に関する関連研究の問題点をまとめ、改修工事に求められる精度品質の3次元 as-built モデルを構築するためには、レーザの入射角や計測距離、点群間重複の制約を満たすスキャナ配置が必要であり、その最適スキャナ配置計画手法アルゴリズムの構築が本研究の目的であることを述べている。

第2章「ボクセル表現と貪欲法を用いた準最適スキャナ配置計画アルゴリズムの開発」では、SfM モデルを含む空間を一定幅の格子状に分割したボクセルで形状を表現した事前知識を用いて、近似最適解である貪欲法により準最適となるスキャナ配置を導出する手法について述べている。そして実設備を対象に、本手法で得られたスキャナ配置と熟練者が決定したスキャナ配置について、スキャン回数、計測の網羅性、as-built モデル化の精度、処理時間の観点から比較を行い、本手法の優位性を示すとともに、これにより、本手法が設備の3次元 as-built モデル化精度品質を満足するレーザ計測点群の生成に有効なスキャナ配置を導出可能であることを明らかにしている。

第3章「メッシュモデル表現と整数計画法を用いた最適スキャナ配置計画アルゴリズムの開発」では、第2章で提案した手法の問題点について述べ、これらの問題解決を図るため、SfM モデル形状表現のメッシュモデルへの変更、GPU を用いた可視性判定、整数計画法を用いたスキャナ配置問題の定式化と、分枝限定法による最適配置の導出手法について述べている。そして、実設備を対象に、本手法と第2章での提案手法、および熟練者が決定したスキャナ配置の3者について、スキャン回数、計測の網羅性、as-built モデル化の精度、処理時間の観点から比較を行っている。その結果、本手法では、第2章で提案した準最適スキャナ配置計画手法よりも少ないスキャン回数にもかかわらず、同

程度の計測網羅性と as-built モデル化精度を実現するスキャナ最適配置が導出できたことを述べている。

第4章「実務への展開を考慮した最適スキャナ配置アルゴリズムへの拡張」では、第3章までのアルゴリズムでは考慮されていなかった 100% の計測網羅性を確保するための未計測領域の解消、計測作業の効率性を確保するための最短計測順序と経路の導出、as-built モデル化の确实性のための計測点群間の重複確保の必要性について述べ、これらの解決を図る最適スキャナ配置アルゴリズムへの拡張方法を提案している。まず未計測領域の解消のため、未計測面分を計測可能な計測候補点の 3 次元的な探索手法、ならびに全未計測面分を最小計測回数で計測可能な整数計画法を用いたスキャナ配置アルゴリズムを述べている。次に、最短計測順序と経路を、最適スキャナ位置を都市とする巡回セールスマン問題へ帰着させて導出するアルゴリズムを述べている。最後に、点群間重複を最大限確保する最適スキャナ配置を発見するため、点群内の平面間領域間の重複程度を目的関数に組みこんだ凸二次計画問題として定式化し最適配置を導出するアルゴリズムを述べている。また、これらの拡張手法を実設備に適用し有効性を評価した。これにより、実務への展開時に求められる最適配置に対する要求条件の様々な拡張に対しても、提案手法の目的関数や制約条件を一部変更するだけで対応可能であることを、計算機シミュレーションにより確認している。

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をまとめるとともに、今後の課題を述べている。