



Title	大規模環境レーザ計測点群からのプラント配管系統の高度自動認識に関する研究 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	川島, 千明
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(情報科学)
Dissertation Number	甲第11310号
Issue Date	2014-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/55597
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Kazuaki_Kawashima_review.pdf, 審査の要旨



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 川島 千明

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 金子 俊一
副 査 教 授 山下 裕
副 査 准教授 伊達 宏昭

学位論文題名

大規模環境レーザ計測点群からのプラント配管系統の高度自動認識に関する研究
(Advanced Automatic Recognition of Plant Piping Systems from Large-scale Laser-scanned Point Clouds)

近年, 石油化学などの大規模製造プラントでは, 設備の改修や更新頻度が高まっている. しかし, プラント図面や CAD データ上に, 改修や更新の現況が正しく反映されていることは少なく, 工期遅れや追加コストの発生を招くことがプラントエンジニアリングでの大きな問題となっている. 一方, ここ数年, 3 次元物体を非接触で高速・高密度に 3 次元計測できる長距離レーザスキャナが普及し始めている. このレーザスキャナを用いてプラント設備を計測した 3 次元点群データを取得し, 点群から現況設備の形状や構造を反映した 3 次元 as-built モデルを作成することで, この問題解決を図ることが期待されている. 特に配管系統は, プラントの大部分を占め改修・変更も頻繁であるため, as-built モデル作成の必要性が極めて高い. しかし現在, その計測点群からのモデル生成は, 設計者の手作業で行われていることが多く, 莫大な作業時間とコストを要している. また, 非常に入り組んだ構造をもつ配管系統を, 効率的に計測してゆくためのスキャナの計測位置も, 操作者の経験で定められているのが現状である.

本論文は, これらの課題解決のため, (1) プラント設備全体の大規模なレーザ計測点群からの配管系統の高速・高精度な自動認識アルゴリズム, および (2) 配管系統認識に効果的な最適スキャナ配置の自動推定アルゴリズムを提案し, 提案アルゴリズムの有効性を検証することを目的としたもので, 5 章から構成されている.

まず第 1 章「緒論」では, 本研究の背景および目的を述べている.

第 2 章「法線テンソル解析に基づく大規模レーザ計測点群からの配管系統の自動認識アルゴリズムの開発」では, 計測点群に対する法線テンソルの主成分分析結果を手掛かりに, 設備全体の大規模点群内から直進パイプ上の点群のみを選択的に抽出し, さらに軸線追跡を行うことでエルボやジャンクションなどの接続要素を自動認識するアルゴリズムを提案し, 450 万点程度の実プラントの計測点群から, 約 3 時間程度で直進パイプを約 82% の認識率で認識できたこと, しかしエルボやジャンクションの認識率向上, 処理時間の高速化が課題として残されていることを述べている.

第 3 章「大規模レーザ計測点群からの配管系統の自動認識アルゴリズムの高速・高精度化」では, 前章の提案手法の認識率と計算時間を改善するアルゴリズムを考案している. まずグリッドセル

内の複数計測点に対し同一曲面フィッティングを行うことで点の法線ベクトルを高速推定できる方法、法線と主成分方向を手掛かりとする領域成長法と領域クラスタリング手法を新たに導入し、直進パイプ・ジャンクション・エルボからなる配管系統上の点群のみを効率的に抽出する。さらに配管軸上の点列の推定、これらへの最適円弧・直線フィッティングに基づいた軸線補間推定を行い、点群を直進パイプ・ジャンクション・エルボ点群へ分類する。この手法を、450 万点程度の石油リグ計測点群、約 1 億点の大規模化学プラント計測点群からの配管系統認識へ適用した結果、直進パイプ・ジャンクション・エルボの認識率は各々 86%,88%,71% 以上に向上し、また処理時間は石油リグ計測点群では 20 分、大規模化学プラント計測点群では約 9 時間程度となり、前章に比べ認識率・処理時間とも大幅に改善できたことを述べている。

第 4 章では、「配管系統上の未計測領域最小化のための最適スキャナ配置」では、配管系統の認識に有利な未計測領域の効率的な解消を目的とした最適スキャナ配置推定アルゴリズムを提案している。まず計測対象空間をボクセル分割し、レーザスキャナ位置と測定点群位置からレイトレーシングを行い、各ボクセルを、空間領域・物体存在領域・オクルージョン領域・スキャナ設置が可能な水平面領域に分類する。次に前章の配管系統自動認識手法を活用し、オクルージョン領域内で配管系統の存在可能性が高いボクセルを抽出する。最後に、配管系統の存在可能性が高いボクセル個数の期待値が最大となる計測位置を次の最適スキャナ位置として決定する手法を提案している。最後に、計算機シミュレーションにより、類似する Next-Best-View 問題の既存手法と比較し、より少ないスキャン回数で配管系統の認識率向上に有利な最適スキャナ配置を、より短時間で発見できることを示している。

第 5 章「結論」では、本研究で得られた結論を要約し、合わせて今後の課題を述べている。

これを要するに、筆者は、プラント設備の改修・更新にとって有用性の高い、プラント設備大規模 3 次元レーザ計測点群からの高精度・高速な配管系統の自動認識技術を確立したものであり、デジタル幾何処理情報学、生産工学、プラントエンジニアリング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。