

移動計測ロボットのための最適計測位置の推定

電気通信大学 ○鈴木 晶也, 丹羽 健, 増田 宏 日本工業大学 石川 貴一郎

Estimation of next best scanner positions for mobile scanning robot

The University of Electro-Communications: Masaya SUZUKI, Takeru NIWA, Hiroshi MASUDA

Nippon Institute of Technology: Kiichiro ISHIKAWA

Point-clouds of engineering plants are useful for simulating production lines and maintenance tasks. However, it is time-consuming and tedious work to repeatedly capture point-clouds at many positions. To solve this problem, we consider a mobile scanning robot that automatically captures dense point-clouds of indoor scenes. In this paper, we discuss a planning method for the positions and paths of a mobile robot. In our method, we calculate positions where a mobile robot can be placed without collisions. Then we estimate how many unmeasured points can be captured at each position. The next best position is determined based on the rate of unmeasured points.

Key words: Point-Cloud, Laser scanner, Next Best View

1. 緒言

補修を必要とする古い生産設備には、3D CAD モデルが存在しない場合が多い。3D モデルがあれば、搬入出物の経路探索や設備配置のレイアウトといったシミュレーションが容易にできるようになる。本研究では、レーザスキャナにより得られた生産設備の点群モデルをシミュレーションに用いることを考える。

現況に忠実な点群モデルを得るためには、オクルージョン領域や点群密度が疎な領域を補うことが必要である。そのためには多数の計測を行う必要があり、多くのコストと時間を要する。また、多頻度のモデル更新も難しい。

そこで、本研究ではこの問題の解決方法の一つとして、移動ロボットによる生産設備の点群自動計測を検討する。人の代わりに、移動ロボットが全自動で高密度な点群データを多頻度で取得できれば、低コスト化に加えて、日々の工程管理などへの応用も可能となる。

本稿では、まず移動計測ロボットの要件について検討し、移動ロボットによる点群計測経路の問題について考える。既知の点群を用いて、移動した地点でのデプスマップを算出し、計測品質を評価することで、妥当な計測地点を算出する。今回は、計測品質評価の前提となる未計測領域の認識を行う。

2. 移動ロボットによる自動計測

まず、本研究で想定する移動ロボットによる大規模環境の自動計測について示す。ここでは、図 1 の流れで処理を行うことを想定する。移動計測システム（ロボット）は、過去に計測した点群データに基づいて、次の計測位置を決定する。その後、移動ロボットの移動経路を算出し [1]、計測地点への移動を行う。本研究では、ロボットにラインセンサを持たせることを想定しており、ラインセンサから得られた点群と既知の点群から、自己位置の補正を行う。目的地点に移動した後に、その位置で再び計測を行う。また、計測した点群を用いて、さらに高精度の自己位置の補正を行う。次に、ロボットの自己位置を利用してレジストレーションを行い、既計測の点群データと併合する。以上の作業を繰り返すことにより、大規模環境の高品質な点群モデルを生成する。

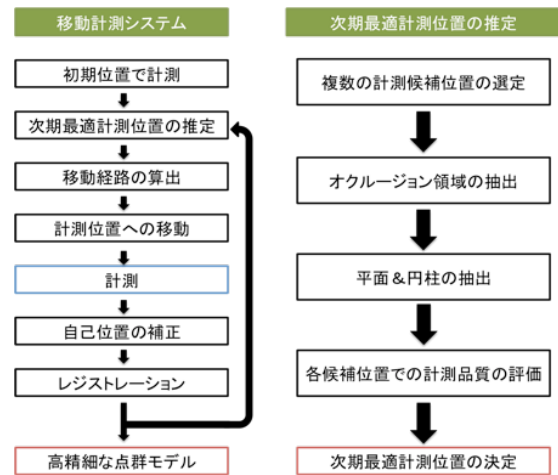


図 1 提案手法の流れ

3. 計測地点の算出

3.1 要求事項

移動計測ロボットにおける次期計測位置は、少なくとも以下の 2 条件を満たす必要がある。

- (1) 移動ロボットが次期計測位置に移動できる。
 - (2) 取得した点群と既計測点群とがレジストレーションできる。
- そこで本研究では、これらの条件を満たす候補位置の中で、未計測領域を最も多く含む位置を「最適計測位置」とし、未計測領域の比率を「計測品質」と定義する。

また移動計測システムは、限られたバッテリー駆動時間の中で多くの計測をしなければならない。そのため、処理に関する計算は可能な限り短時間で済ませることが望ましい。本研究では、計算の高速化のために、デプスマップを用いた処理を考える。

3.2 移動可能エリアの算出

本研究でのロボットの移動経路は、丹羽ら[1]の手法を用いて、ロボットの 3 次元モデルと既知の点群データとの衝突判定を行うことにより算出する。図 2 は生産設備を上から見下ろしたときの様子であり、移動ロボットが干渉しない位置を青色で示している。干渉しない地点において計測品質の評価・比較を行うことで最適計測位置を推定する。

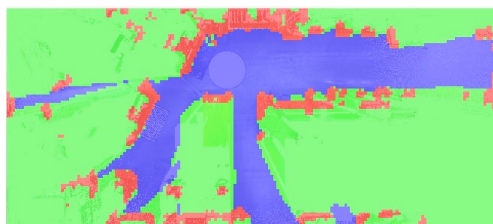


図2 移動可能エリア

3.3 計測品質の評価

各計測候補位置での計測品質を評価するためには、未計測領域の認識が必要である。レーザスキャナによる点群計測では、物体の陰となる部分にはレーザが当たらないため、図3左上のように未計測領域が生まれる。このような未計測領域と既計測領域との境界面では、レーザ光の到達位置までの距離が著しく変化している。したがって、計測位置から点群までの距離が大きく変化している部位を認識することは未計測領域の認識と同義である。

そこで、図3左下のような距離変化を表すデプスマップを、取得した点群を元に作成する。デプスマップにおいて距離が大きく変化している部位をエッジとして抽出することで、未計測領域の境界面を求めることができる。ゆえに図3右下のようにデプスマップのエッジを検出し、エッジに沿って図3右上のようなメッシュを張ることで未計測領域の境界面を抽出できる。次期計測候補地から見た境界メッシュを含む画像を利用して計測品質を評価する。

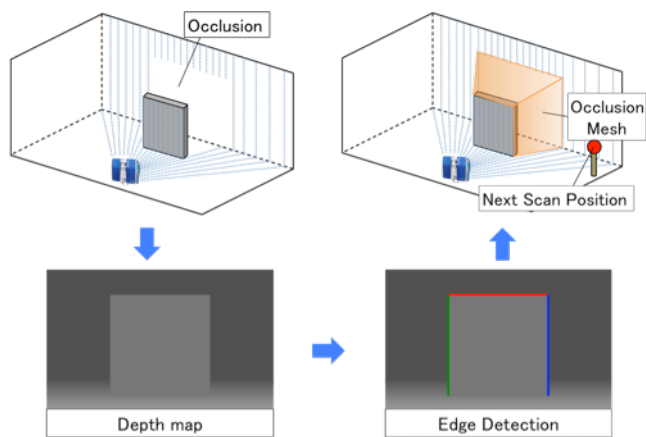


図3 未計測領域の抽出フロー

4. 境界メッシュの生成による計測点の算出

生産設備を計測した4000万点の点群に、本手法を適用した。まず、未計測領域の境界となるエッジ検出の結果を図4に示す。デプスマップ(図4左)は、レーザ光の方位角と仰角を主軸としたパノラマ画像として生成されており、画素数は500,000ピクセルである。また、図4右は、デプスマップから検出された境界エッジである。ここでは、個々のエッジを色付き直線で示しており、2080本の直線エッジが検出されている。この例題では、デプスマップの生成時間は3.5秒、未計測領域の抽出時間は0.04秒であった。図5は、ある方向から見た透視投影画像を示している。左図に境界エッジを示し、右図には境界エッジから生成されたメッシュモデルを示している。ここで示した面が未計測領域の境界面となる。

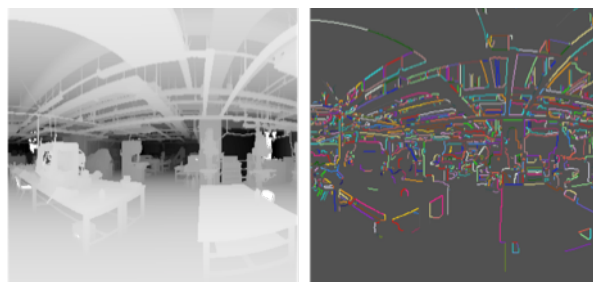


図4 デプスマップ(左)と検出された境界エッジ(右)



図5 未計測領域の境界エッジと境界面の算出

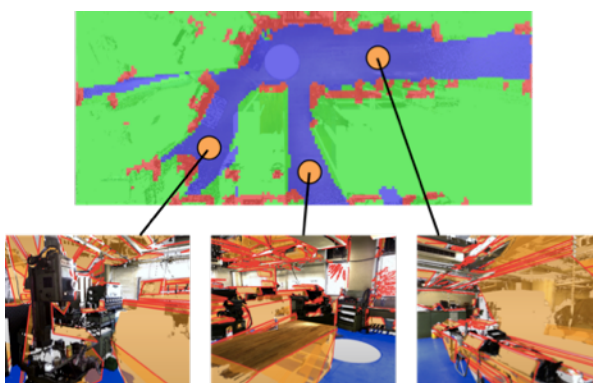


図6 計測候補地点における透視投影画像

図6は、移動可能領域から選択した3箇所における点群と未計測領域の境界面の透視投影画像を示している。計測箇所決定においては、まずロボットが移動可能な箇所を格子状に等間隔で選択し、個々の地点でのデプスマップを生成する。そして、レジストレーションのための平面と円柱の組み合わせを含み、かつ未計測領域の境界面の画素数が最も大きくなる位置を次期計測地点とする。なお、レジストレーションとしては、位置と姿勢が決定できる平面と円柱の組み合わせを用いる[2]。

本手法を適用することで、少ない回数で大局的な点群を取得することが期待できる。ただし、本手法では、すべての未計測領域を漏れなく計測することは考えておらず、あくまでも大局的な点群を取得することが目的である。取得できない箇所については、再度、局所的に計測していく必要があり、その手法については今後検討していく。

5. 結言

本研究では、ロボットによる大規模環境の移動計測システムについて検討した。本稿では、移動計測ロボットのための計測位置の算出方法について提案した。本手法の有効性について、今後、評価を行っていく予定である。

参考文献

- [1] 丹羽 健, 増田 宏: 大規模点群の衝突判定法を用いた経路探索シミュレーション, 精密工学会春季講演会 2015
- [2] 渡邊 拓麻, 丹羽 健, 増田 宏: 携帯型レーザスキャナを用いた大規模点群の詳細化, 精密工学会春季講演会 2015