

レーザー計測点群を用いた天井面付属設備の自動抽出

北海道大学 ○秋山理穂, 伊達宏昭, 金井理
株式会社九電工 安武和成

要旨

天井面付属設備(照明, 火災報知器等)の2次元図面である総合天井伏図は建築分野で利用されているが, 図面生成が手作業で行われており, 労力と時間を要する作業となっている。そこで本研究では3次元計測に基づく総合天井伏図の自動作成技術の開発を目的とする。本報告では, 地上設置型レーザスキャナで取得した点群を用いて, 天井平面領域の境界点への円/矩形フィッティングによる天井面付属設備の自動抽出手法を提案する。

1. はじめに

近年, 固定式レーザスキャナ(TLS)を用いた3次元計測技術が普及しており, プラント・土木・建築などの幅広い分野で利用されている。また, 総合天井伏図と呼ばれる天井面付属設備(照明, 火災報知器等)の2次元図面は建築分野で利用されているが, 現状, 人の目視判断による設備認識・図面生成が行われており, 大型施設等では莫大な数の設備があるため非常に労力と時間を要する作業となっている。そこで本研究では, 3次元計測に基づく総合天井伏図の自動作成技術の開発を目的とする。本報告では, 固定式レーザスキャナで取得した点群を用いて, 天井平面領域上の天井面付属設備の境界点への円/矩形フィッティングによる天井面付属設備の自動抽出手法を提案し, 提案手法の実計測点群への適用結果について述べる。

2. 天井面付属設備の自動抽出

2.1 関連研究ならびに提案手法概要

点群中からの任意の物体を認識・抽出する関連研究として Charles ら[1]は深層学習を用いた屋内環境における壁, 床, 机, ドアなどの認識・分類を行う手法を提案したが, 本研究で対象とする天井面付属設備は表面の鏡面反射や遮蔽による計測抜けが多いことから, 適用が困難である。高橋ら[2]は天井面に現れる天井面付属設備の輪郭であるフットプリント(FP)に基づき天井面付属設備を抽出する手法を提案したが, 抽出対象のFP情報の入力が必要であり, また抽出可能な設備が円形FPのみという課題があった。一方, Mazharul ら[3]は深層学習を用いて画像データから防災設備の検出を行い, 点群へのラベル付けを可能としたが, スプリンクラーや煙探知機等の小さい物体の検出精度が低く, また照明器具や点検口といった総合天井伏図作成に必要な設備は対象としていない。

そこで本研究では高橋ら[2]の手法を拡張し, 設備に関する事前知識を不要とし, かつ円形FP設備に加え天井面付属設備に多く見られる矩形FPを持つ設備も抽出可能な手法を提案する。本研究で抽出対象とするFP情報と天井面付属設備の例を図1に示す。

提案手法の概要を図2に示す。点群データは施設の広さに応じて複数の箇所から取得されているため, 各スキャンで天井面付属設備FPの抽出処理を行った結果を統合することで施設全体の天井面付属設備のFPを出力する。まず, 各スキャンの点群に対し構造化を行い, 天井面領域を抽出する。次に, 抽出した天井面領域から設備境界点を抽出する。そして, 設備境界点に対して円形/矩形フィッティングを行い, 設備FPを抽出する。最後に, 各スキャンで得られた設備FPを重複判定により統合し, 統合された設備FPのクラスタリングを行い, 同一設備のFP集合をグループ化して出力する。



図1 FP情報と抽出対象設備の例

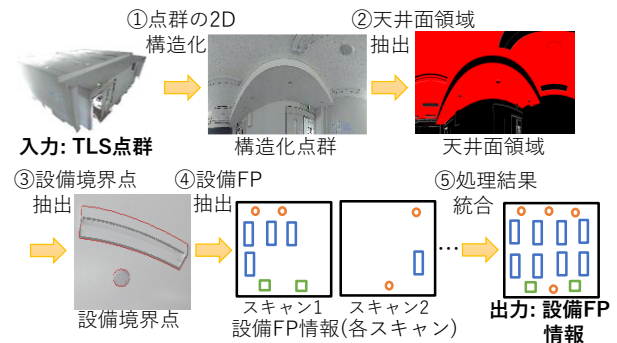


図2 天井面付属設備の自動抽出手法の概要

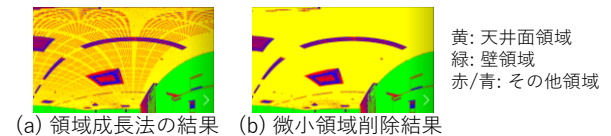


図3 天井面領域抽出

2.2 天井面領域抽出

隣接・近傍探索の処理効率化のため, まず, レーザ計測の方位角・仰角を軸に取ることで点を2次元格子状に配置した構造化点群を生成する。次に, 点群の各点の法線ベクトルを構造化点群上の近接点との差分ベクトル間の外積の和を正規化することで推定する。そして, 法線が鉛直下向きで隣接点とのz座標値の差が小さい点集合を領域成長法により天井面領域として抽出する(図3(a))。なお, スキャナ距離に応じた点間隔の差から, 設備の手前側から奥側への成長には法線のみ, 奥側から手前側への成長にはz座標値のみを用い, 天井面領域の過検出/検出不足を解消している。最後に, 天井面の微小な凹凸により生成された天井面領域中の微小な非天井面領域を, 面積に対する閾値処理により除去する(図3(b))。

2.3 設備境界点抽出

天井面領域内の各点のうち, それぞれ隣接点天井面領域でないものを天井面境界点として抽出する。ここで壁と天井間の境界点は抽出対象の設備の境界とならないため, 抽出した天井面境界点に対して一定距離以内に壁が存在す

るときその境界点を削除する(図 4). 次に図 5(a)のように設備の遮蔽によって生じた境界点は実際の設備境界とならないため, 設備の突出高が一定値以上の場合スキャナから見て設備の奥側の境界点を削除する(図 5(b)).

2.4 フットプリント抽出

抽出した設備境界点集合を構造化点群上で連結する点集合に分割し, 各点集合に対して円形 FP または矩形 FP を持つ設備の境界点か否かを判定し, FP を抽出する. まず連結設備境界点集合に対して RANSAC[4]による円フィットのインライア率が一定以上ある場合にその点集合は円形 FP を持つ設備の境界点であると判定する. ここで, 点間隔はスキャナからの距離に応じて変化するため, 点間隔に応じたインライア判定距離を設定する. そして, インライア点に最小二乗法による円フィットを行い, 円形 FP の中心点と半径を抽出する. 次に, 円形 FP 設備と判定されなかった境界点集合に対して RANSAC による直交 2 直線フィットを行い, インライア率が一定以上かつフィット直線分の端点間距離 d が一定距離以内のときにその点集合を, 矩形 FP を持つ設備と判定する(図 6(a)). そして, インライア点に最小二乗法を用いた直交 2 直線フィットを行い, フィット直線に平行な内接フィット直交直線を用いて矩形 FP を持つ設備の基準位置 c および幅 w と長さ l を抽出する(図 6(b)).

2.5 スキャンごとの処理結果統合

複数スキャンから得た設備 FP のうち, 重複のある場合はスキャナからの距離に近いものを採用する. 次に設備 FP の寸法を特徴量として k-means クラスタリングを行う. 最後にクラスタごとに円形 FP では最小半径, 矩形 FP では最大の幅, 長さを採用することでより正確な設備 FP の寸法を推定し出力する.

3. 提案手法の適用結果

実計測点群に対する提案手法の適用結果を表 1 および図 7 に示す. 計測は FARO FOCUS 3D S120 を用いて行い, 3 つの施設で FP 抽出を行った. 今回適用した施設データでは円形 FP 設備の抽出率は 58~90%, 矩形 FP 設備の抽出率は 70~90% であった. また, データ①の設備ごとの抽出率を表 2 に示す. 境界の凹凸が微小である点検口と, サイズが小さいスプリンクラーでは抽出率が低い結果となった. また, 全体的にスキャナから遠い位置では抽出漏れが多く見られたが, スキャナ位置近くでは抽出率が高かった(データ①ではスキャナ位置から 5m 以内で抽出率 92%).

4. 終わりに

TLS で取得した点群を用いて, 天井平面領域上の天井面付属設備の境界点への円/矩形フィッティングによる天井面付属設備の自動抽出手法を提案し, 3 つの施設データにおいて 8 割程度の抽出率を確認した. 今後の課題として, 平面以外の天井を有する施設や複数フットプリントを持つ設備の認識などより多様な施設への適用が挙げられる.

参考文献

- [1] Qi, C.R.他, PointNet++: Deep Hierarchical Feature Learning on Point Sets in a Metric Space, Conference on Neural Information Processing Systems (NIPS) (2017)
- [2] Takahashi, H.他, DETECTION OF INDOOR ATTACHED EQUIPMENT FROM TLS POINT CLOUDS USING PLANAR REGION BOUNDARY, ISPRS, XLIII-B2-2020, 495-500(2020)
- [3] Hossain, M.他, Building Indoor Point Cloud Datasets with Object Annotation for Public Safety, 10th International Conference on Smart Cities and Green ICT Systems (2021)

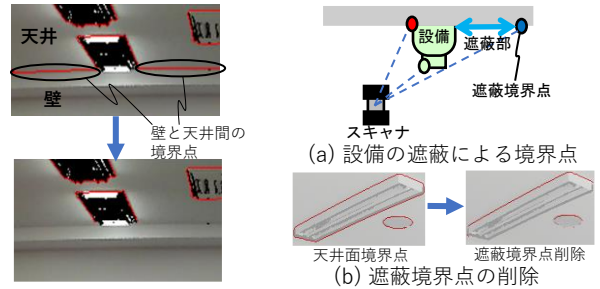


図 4 壁-天井間境界点削除

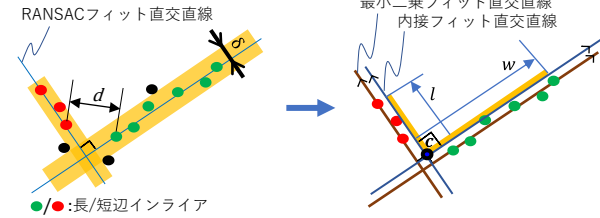


図 5 遮蔽部と設備境界点

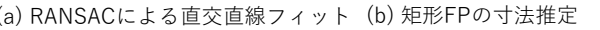


図 6 矩形設備抽出手法

表 1 実施設データ適用結果

データ	点群数	点数(百万)	処理時間(秒)	抽出率	
				矩形FP	円形FP
①	1	43	63	44/55(80%)	30/52(58%)
②	6	260	518	31/44(70%)	83/96(86%)
③	12	520	649	57/63(90%)	75/83(90%)

表 2 データ①設備別抽出結果

照明器具	空調吹出口	点検口	換気口
39/45	3/4	2/6	6/9
スピーカー	スプリンクラー	監視カメラ	火災報知器
7/10	10/20	3/8	4/5

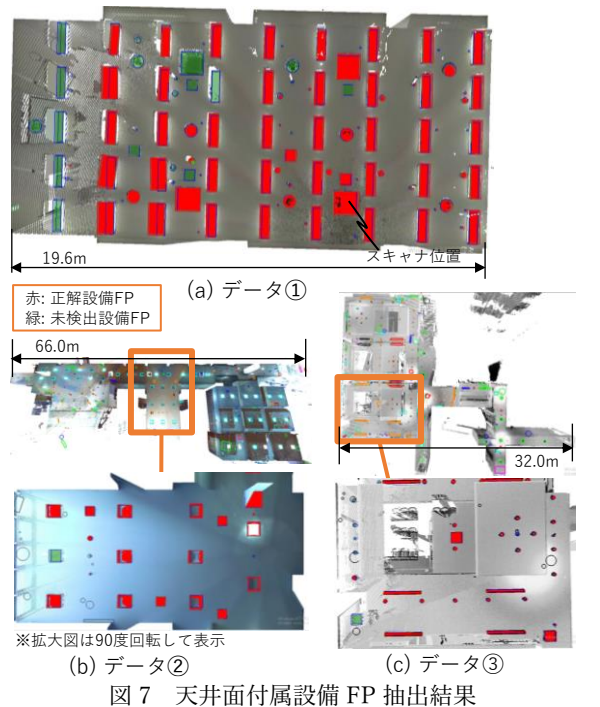


図 7 天井面付属設備 FP 抽出結果

- [4] Fischler, M.他, Random sample consensus: a paradigm for model fitting with applications to image analysis and automated cartography, Communications of the ACM, 24(6), 381-395 (1981)