

建物の 3 次元モデル再構築

建築都市デザイン学科 学籍番号 155539 氏名 山下倉太郎
 指導教員 氏名 張景耀

3 次元モデル再構築 SFM LIDAR
 情報共有 Gaming 環境

1 はじめに

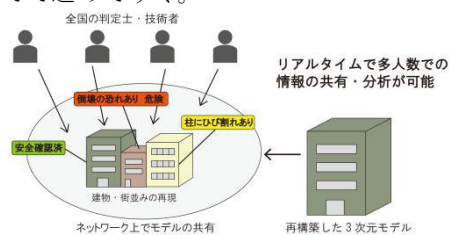
1-1 背景

応急危険度判定とは「地震後の余震等による二次災害を未然に防止するため、被災した建築物の被害の状況を調査し、その建築物が使用できるか否かの判定・表示を行う」⁽¹⁾ ことであり、地震後の安全確認の初動である。判定活動には多くの人数を期間を必要とする現状がある。

1-2 本研究の目的

本研究では建物の 3 次元モデル再構築技術を用いて作成したモデルをネットワーク上で共有し、それに対して各技術者・研究者が情報共有することのできる環境構築を目指す。そのためには、精密な 3 次元モデルの再構築が可能であるということが前提としてある。

ドローンをはじめとした無人機を活用すれば、建築の無人での調査・分析が今後可能になることが期待される。本研究では主に「建物の 3 次元モデル再構築技術」に焦点を当てて進めてゆく。



2 建物の 3 次元モデル再構築

2-1 SFM

SFM (Structure from Motion) は対象物を複数の視点から撮影し、そこから対象物までの角度・距離・大きさを算出する技術である。2 枚以上の写真から共通点を抜き出し、3D モデルを作り出す。

2-1-1 復元方法⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾

2 つの視点からの画像間で対応点があれば、カメラの位置と 3D 上の点の位置に幾何学的な関係が生じ、これらをエポピーラ幾何という。

K_1, K_2 はキャリブレーション行列、 R はカメラの回転、 t はカメラの平行移動を表すカメラ行列を用いると点 X を x_1, x_2 に射影する条件を導くことができる。

$$X_2^T F X_1 = 0 \quad (1)$$

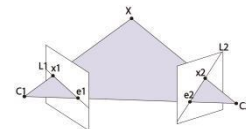
$C1$ と $C2$ が対応するとき(1)が成立する。

ここで F は $F = K_2^{-T} S t R K_1^{-1}$

F を基礎行列といい、カメラの内部の情報を含む。基礎行

列である F を算出後、カメラ行列である P を計算する。

$$\begin{bmatrix} P_1 & -x_1 & 0 \\ P_2 & 0 & -x_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ \lambda_1 \\ \lambda_2 \end{bmatrix} = 0 \quad (2)$$



三角測量の原理を用いて(2)より 3D 上の対応点を求めることができる。

2-2 モデリング例

芸工キャンパスのアセンブリーホールを用いて行った。モデリングには Agisoft PhotoScan を使用する。

撮影時、以下のことに気をつける。(撮影枚数 287 枚)

- ・なるべく 360° から撮影を行う。
- ・写真のオーバーラップ率を 60% 以上にする。

2-2-1 写真のアライメント (Alignment)

アライメントを行い写真から共通部分を抜き出すポイントクラウドで表示される



2-2-3 高密度クラウド作成



アライメントのみでは不鮮明なため、さらに密度の高いポイントクラウドを構築する。アライメント後よりも明瞭なモデルが得られる。

2-2-4 メッシュ作成



ポイントクラウドにメッシュを張る。面を作成することができたが、エッジを含む細部の精度がポイントクラウドよりも下がる。

2-2-5 テクスチャ作成



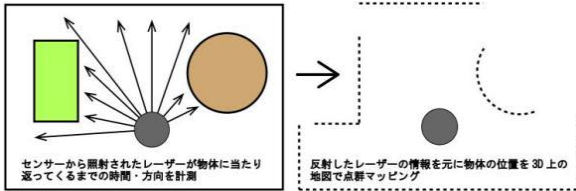
メッシュに適合するテクスチャを張り付ける。ガラス面に不明瞭な点はあるが、リアルなモデルの作成を行うことができた。

2-3 SFM の課題

画像を用いているため、視認性の高い実際の質感に近いモデルを作成することが可能であるが、鏡やガラスなどの反射・透過する物質やフェンス等のワイヤー状の3Dモデルを精度高く作成することが難しい。また無地の壁などの特徴の少ない面のモデリングや、周囲の遮蔽物の多い建物のモデリングも、写真から特徴点を抜き出すことができないとモデリングが難しい。SFMは写真をアップロード後モデル作成までの過程が分かりづらく、出来上がったモデルを参考にして最適なモデリング方法を検証してゆくため、撮影方法を完全に一般化することは簡単ではない。しかし撮影を上手く行うことができれば、比較的手軽にモデリングが可能という点で非常に有用な技術である。

2-4 LIDAR

LIDAR(Light Detection and Ranging)はパルス状のレーザーを照射して散乱工を検出し、その反射時間から物体の大きさ・角度・距離を算出する技術。

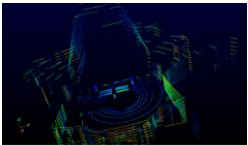


本研究ではVelodyne社のVLP16を使用



- ・内部に16個のセンサー搭載
- ・水平方向360° 垂直方向30°の測定
- ・測定距離100mまで可能

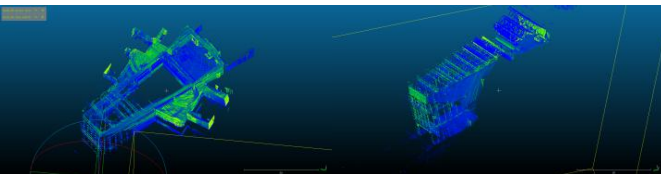
2-4-1 LIDARによる測定・モデリング



芸工棟3階で測定
ビューワーで見た測定結果(左写真)
建物の詳細な部分までは判断できない。

2-4-2 ポイントクラウド化

測定したレーザーのデータから、ポイントクラウドを出力。(編集ソフトにはcloudcompare使用 左:センサーを横向きに測定 右:センサーを縦向きに測定)



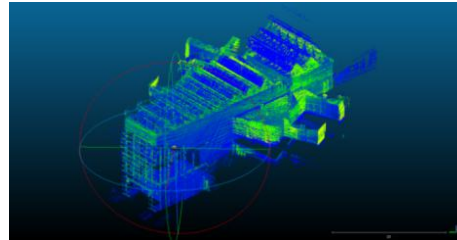
2-4-3 レジストレーション(Registration)

測定データから得たポイントクラウドから共通点を位置合わせし、1つのモデルへと統合する。この時、レーザー照射で得たフレームをレジストレーション(Registration)してモデルを得る。点群 P_1 を点群 P_2 に合わせる場合、自動で合致させる方法として反復最近接点(ICP)アルゴリズム

とピッキング(等価)点ペアの2つがある。

ICPアルゴリズムの手順としては、

- ①対応する点を探す
 - ②対応する2点が一致するように片方の点の位置を調整
 - ③①~②の工程を2点が最小となるように繰り返し行う。
- レジストレーション後、垂直・水平どちらの方向も精度の高いモデルを得ることができる。



(左)レジストレーション後画像
天井のトラスや手摺など細部まで確認することができる。

2-5 LIDARの可能性

LIDARは細部まで正確な測定結果を得ることができ、精度の高いモデリングを行うことが可能である。本研究で使用したセンサーは1つであったので、一度に2つのセンサーを使用すると全方位のスキャンを行うことができる。リアルタイムでスキャンを行うことが可能であり、自動運転をはじめとする各分野での応用が進められている。

3 モデルの共有



モデル情報の共有において、本研究ではゲームエンジンであるUnityを使用した。シーン内にモデルを取り

込めば、ポップアップを使用して情報を残すことができる。また、日照などの環境条件を追加してシミュレーションすることも可能である。UnityはVR開発ソフトとしても近年注目されており、建築分野でも様々な応用がされることが期待できる。

4 まとめ

建物の3次元モデル再構築について、プログラムの中身はブラックボックスであるSFMで、いかに精度の高いモデルを作成できるか検証を行うことができた。LIDARでは作成したポイントクラウドにSFMから色情報を統合させることが上手くいかなかったため、LIDARの精密な点群データにSFMの実物のようなテクスチャーを加えることが今後の目標となる。

参考文献

- (1)一般財団法人 日本建築防災協会 <http://www.kenchiku-bosai.or.jp/>
- (2)実践 コンピュータビジョン Jan Erik Solem 2013年
- (3)コンピュータビジョン最先端ガイド5 油井謙親 2012年
- (4)デジタル画像処理入門 酒井幸一 1997年