

モバイル端末によるデジタルアーカイブ手法と利活用

モバイルスキャン協会

Creating and Utilizing Digital Archives with Mobile Devices

Mobile Scan Association

・モバイルスキャン／Scanning with mobile devices ・三次元計測／3D scanning

・LiDAR スキャン／LiDAR

はじめに

近年、急速に普及し始めているモバイル3次元計測ですが、使い方に悩んでいる方も多くいます。それは、考古学業界だけでなく、建設業界でも同じとなっており、使い方や精度に悩む声をよく聞きます。そこで悩みの解決に向けて、建設業界に精通したメンバーを中心にモバイルスキャン協会は結成し、まず初めに建設業界向けのマニュアルを作成し公開しました。本内容はそこでの経験を基に記述しています。

1. モバイル端末による3次元計測の概要

モバイル端末を使った3次元計測は、LiDAR（ライダー）センサーから照射されたレーザー光を使って計測するものと、写真から三次元化を行うフォトグラメトリの大きく二種類があります。

モバイル端末にLiDARセンサーが搭載されている理由は、3次元計測をする為ではなく、写真を撮る際のフォーカススピードの向上及び正確さの向上、AR体験時のトラッキング力の向上やオクルージョン機能の向上の為に搭載されています。その為、3次元計測は副産物に近い機能です。しかし、3次元計測も出来る事は確かであり、2022年9月のアップデートでは、部屋を計測する為のAPIが公開される等、3次元計測性能も日々向上してきています。

2020年にApple社製のiPadProやiPhoneシリーズ

ズにLiDARセンサーが搭載されたことにより、従来では数百万から数千万円していた3次元LiDAR計測が十数万円から行えることが可能となり、より多くの人が行えるようになりました。

従来の3次元LiDAR計測端末などには精度面や性能面で劣るモバイル端末による3次元計測ですが、従来の3次元LiDAR計測端末と比較して小型軽量でポケットに入るサイズの為、どこにでも持ち運ぶ事が可能であり、想定外の状況であっても3次元計測が可能になる点や操作が簡単のため誰でも簡単に3次元計測が可能になっている点など他3次元計測端末には無い利点が多数存在しています。

2. モバイル3次元計測の性能

(1) LiDARの計測距離

iPhoneに搭載されているLiDARセンサーの照射距離は公称で5mとなっています。実際の照射距離は5m以上照射されていますが、5mを超える場合精度や品質が劣化する為、5m以内に抑えることが望ましいとされています。

(2) LiDARの照射密度

iPhoneのLiDARセンサーは1度に576点のレーザー光が照射されます。通常の地上型レーザースキャナーが1度に数十万～数千万点のレーザー光が照射されていることを考えると、照射密度はかなり低くなっています。計測する被写体との距離が2.5mの距離の場合、点密度は1㎡（平米）辺り150点前後

となります。その為ある程度被写体と距離が存在する場合 iPhone の LiDAR センサーでは小さい物体を認識することは出来ません。

(3) LiDAR スキャン時の自己位置推定

iPhone の LiDAR スキャン時の自己位置推定には VIO (Visual Inertial Odometry) という技術が使用されています。この技術は RGB カメラから得た映像情報とジャイロセンサーや加速度センサー等の IMU ユニットから得た情報を元に端末の位置情報を推定しています。

(4) LiDAR スキャン時の精度

iPhone の LiDAR スキャンは固定しての 3 次元計測ではなく、VIO を利用した移動しながらの 3 次元計測になります。その為 3 次元計測の精度は地上レーザースキャナーの mm レベルの精度ではなく、数 cm から 1m 程度の誤差が発生する場合があります。特に計測距離が長くなり、デバイスを移動させた距離が長いほど精度が悪化する傾向にあります。

(5) モバイルフォトグラメトリの特徴

PC で処理を行う従来からあるフォトグラメトリでは、出来るメッシュは 1 枚で出来ており、肌質がトゲトゲした感じに出来上がります。iPhone で行う Apple から提供されている API を使ったフォトグラメトリは、ちぎり絵のようなメッシュの集合体で出来上がります。

3. 各種 3 次元計測技術の比較

表 - 01 は各種 3 次元計測技術を比較したものとなっています。

(1) 操作

操作に関しては計測時と計測後の処理操作を含めものとなっており、モバイル端末のみで完結するモ

バイル 3 次元計測は比較的容易に操作が可能となっています。従来フォトグラメトリに関しては専用ソフトの熟練に時間が掛かることやカメラの知識が必要になってくる等、他の 3 次元計測技術よりも難易度が高くなっています。

(2) 空間計測

空間計測に関しては、部屋や屋外全域などの計測対象がある程度の広さがある物と想定しています。こちらは計測距離が長い地上レーザースキャナー類が得意としており、モバイル LiDAR スキャンは計測距離が 5m となっているため、地上レーザースキャナーよりも計測出来る範囲が狭くなる傾向があります。モバイルフォトグラメトリに関してはアプリ側で撮影できる写真の枚数が制限されている都合上、空間計測のような広域の計測には向いていません。

(3) 小型物品計測

小型対象物計測に関しては 30 cm 以下の物品を想定しています。こちらは写真から 3D モデルを構築するフォトグラメトリが向いています。モバイル LiDAR に関しては照射しているレーザー光の照射密度が低いため小型物品の計測は難しくなっています。

(4) 計測時間

計測時間に関しては計測距離が長く、レーザー光の照射密度が高い地上レーザースキャナー類が最も早く、徒歩で移動する必要のあるモバイル LiDAR は計測対象にもよりますが地上レーザースキャナーよりも時間がかかる傾向にあります。

(5) 処理時間

計測後の処理時間に関しては、モバイル LiDAR が計測範囲にもよるが数十秒～5 分程度で処理が完了します。特にメッシュスキャンではなく点群スキャン

表 - 01 3 次元計測技術技術の比較

機器・技術	操作	空間計測	小型物品	計測時間	処理時間	価格
モバイル LiDAR	◎	○	×	短～中	短	10 万円～30 万円
モバイルフォトグラメトリ	○	△	○	中	短～中	10 万円～30 万円
従来フォトグラメトリ	△	○	◎	短～長	中～長	数十万～数百万円
地上レーザースキャナー	○	◎	△	短	短	数百万～数千万円
地上移動式レーザースキャナー	○	◎	×	短	短	数百万～数千万円

を行っている場合はリアルタイムに点群が生成されるため処理時間が存在しない利点があります。モバイルフォトグラメトリは処理を行うためにクラウドサーバーへ写真データをアップロードする必要はありますが、処理時間は長くても30分程度となっています。

(6) 価格

価格に関しては、計測用機器（カメラやレーザースキャナー）と処理端末及びソフトの合計金額となっています。モバイル3次元計測技術はデバイスが高くても25万円前後、処理アプリは高くても1万円、無料のモノも存在しており3次元計測技術を行う場合の最小価格となっています。フォトグラメトリに関しては処理端末にある程度の高性能パソコンが必要となっており、カメラやソフト金額も含めるとモバイル3次元計測技術よりも高くなります。

4. モバイル3次元計測技術で使用するアプリ

(1) Metascan

MetascanはiOS向けの3次元計測アプリとなっています。MetascanにはLiDARスキャンとフォトグラメトリの両機能が用意されており、フォトグラメトリで撮影できる写真の枚数は全アプリの中でも最大クラスの300枚となっています。このMetaMetascanの特徴はスキャン中の視点を切り替えることが出来る点にあります。この視点切り替え機能は他のアプリにはない特徴となっており、通常のカメラ視点と人の目から見える視点と上空から見下ろしている上空視点モード（図-01）が存在しています。この中でも上空視点モードは人間の目線より高い場所を3次元計測に活躍します。またMetascanは計測中の画面に2つの視点を表示することが可能となっており、上空視点モードを表示しながらカメラ視点を表示することが可能となっています。

(2) Polycam

PolycamはiOS,android向けの3次元計測アプリとなっています。iOS版ではLiDARスキャンとフォトグラメトリの両方が、android版ではフォトグラメトリのみが使用可能となっています。Polycamの

特徴は通常の動画を撮影する様にLiDARスキャンするモード以外に、自分で撮影間隔を設定しながらLiDARスキャンするモードが搭載されている点です。後者のLiDARスキャンモードは動画の様に計測するのではなく、写真を撮影する様に計測していきます。通常とは違い自分で撮影間隔を設定する必要があるなど玄人向けの機能となっていますが、余分な情報を撮影しないため、通常モードよりも広範

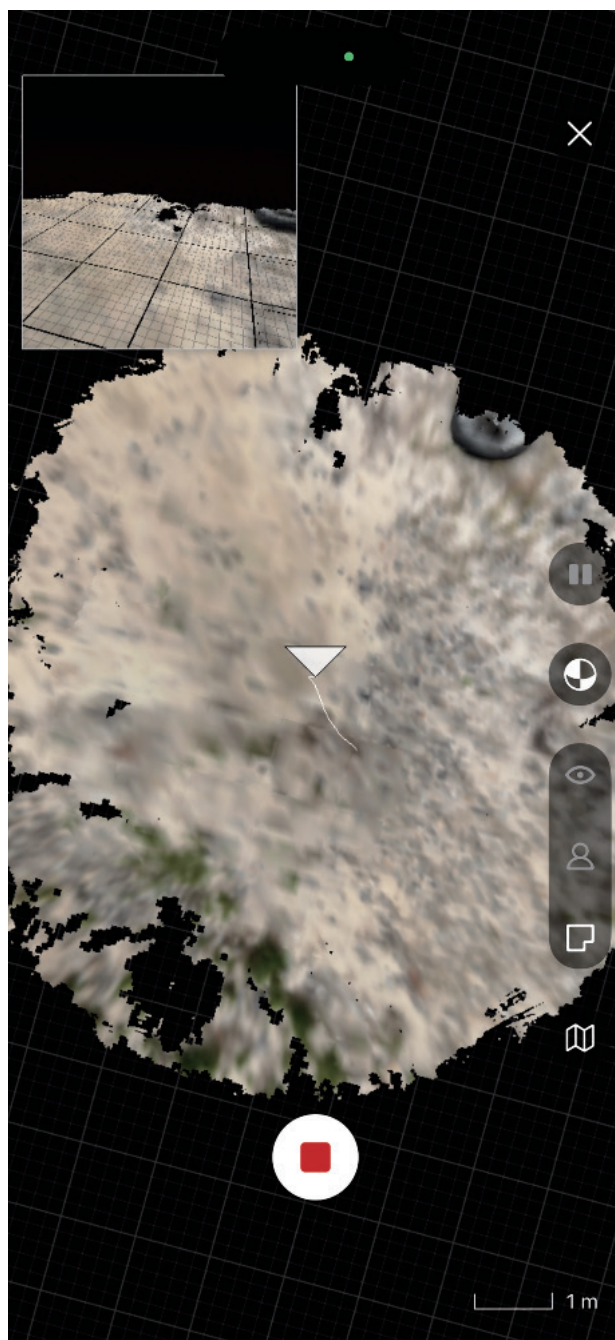


図-01 Metascanの上空視点モード

囲を計測する事が可能となり、適切な計測が行えた場合、通常の LiDAR スキャンモードよりも品質が向上します。

(3) Scaniverse

Scaniverse は iOS 向けの 3 次元計測アプリとなっています。Scaniverse の計測方法は LiDAR スキャンのみとなっています。この Scaniverse は全機能が無料で使用する事ができ、課金等が不要となっています。Scaniverse の特徴は LiDAR センサーが非搭載の iOS デバイスでも LiDAR スキャンの様に 3 次元計測が可能になっている点です。この機能により iPhone だと iPhone X R 以上の機種、iPad だと Apple A12 Bionic プロセッサ以上を搭載している機種で 3 次元計測が可能となっています。この NoLiDAR スキャンは基本的に撮影方法も通常の LiDAR スキャンと似ていますが、単色の壁や床は苦手としている点、精度面や品質面では多少 LiDAR スキャンよりも劣る点が存在しているので注意が必要になります。

また Scaniverse にフォトグラメトリ機能は存在していませんが、LiDAR スキャン後の処理設定時に Detail モードを選択することで 30 cm 以下の小型対象物も 3 次元計測する事が可能となっています。こちらの計測方法も通常の LiDAR スキャンと同様ですが、空間を計測するというよりも計測したい対象物だけに焦点を当てて計測する様にします。この Detail モードの特徴は、フォトグラメトリよりも品質は劣化する傾向にありますが、計測・処理含めてもフォトグラメトリの数分の一以下で 3 次元モデルの作成が可能な為、短時間で作業を行う場合に有効となっています。

(4) TrnioPlus

TrnioPlus は iOS 向けの 3 次元計測アプリとなっています。TrnioPlus には LiDAR スキャンとフォトグラメトリの両機能が用意されており、こちらもフォトグラメトリアプリとしては最大クラスの 300 枚まで写真を撮影することが可能となっています。TrnioPlus の特徴は、計測後の処理が全てクラウドサーバーで行うようになっている点です。その為

iPhone 上で行うのは計測行為のみとなっており、計測後はデータをクラウドサーバーにアップロードしてデータ処理が完了するのを待つ形になります。このクラウドサーバー処理のメリットは他アプリよりも品質が良くなる傾向にある点、端末側で処理をしないため連続して計測を行える点等が存在しています。ただしクラウドサーバーにアップロードするデータのサイズが数百 MB にもなる場合が存在している為、データアップロード時には wifi に繋ぐなどの注意が必要になります。また、TrnioPlus は、iOS 向けフォトグラメトリアプリとしては唯一外部のカメラアプリや一眼レフカメラやドローンカメラで撮影した写真のフォトグラメトリも可能となっています。この機能を使用する場合は TrnioPlus がインストールされている端末にフォトグラメトリしたい写真を追加しておく必要があります。

5. モバイル 3 次元計測の使い方

(1) LiDAR スキャン

iPhone や iPad で 3 次元計測を行う場合、搭載されている AR 機能を使って計測しています。その為 AR 機能の大元である ARKit についても知る必要があります。ARKit は、端末の移動の追従を RGB カメラや加速度センサー等 IMU ユニットの組み合わせで自己位置推定を可能にした画期的なシステムです。位置トラッキングは、今でこそ垂直面の壁もトラッキングする事ができるようになっていますが、始めは平面の床のみでした。床のトラッキングから始まり次に垂直面の壁をトラッキングできるようになった過程から、現在もトラッキング力の強さは、壁よりも床の方が強くなっています。

このトラッキング性能は 3 次元計測にも影響する為、計測する際は床を意識しながら計測を行い、移動や回転の動作は、床面を映しながら動作した方がズレが生じにくくなります (図 - 02)。

(2) LiDAR スキャン (RoomPlan)

2022 年 9 月から提供開始された RoomPlan は、従来のモバイル LiDAR スキャンとは少し特徴が変



図-02 床を意識する違い (サンプルAPP)

わっています。

(1) では、床面を意識して移動や回転をすると述べましたが、RoomPlan を使ったスキャンモードでは、壁面を重点的に計測する必要があります。この RoomPlan モードは壁を認識していく新しい機能となっており、リアルタイムで簡易的な 3D モデルも作られて行きます。その際に、開口部や机なども認識して作られていきます。この 3D モデルには現況を映したテクスチャは反映されませんが、スキャン完了後に処理をする事でモバイル LiDAR スキャンのように現況を映したテクスチャの反映された 3D モデルも出来上がります。

RoomPlan は、従来のモバイル LiDAR スキャンよりも簡単に室内を計測する事が可能になりました。その為用途に応じて LiDAR スキャンか RoomPlan モードかを選択していく必要があります。

(3) フォトグラメトリ

フォトグラメトリは、複数の画像から 3D モデルを生成する技術です。iPhone や iPad では、LiDAR センサー搭載端末は、センサーから取得した深度情報も使うハイブリッドなフォトグラメトリとなり、マーカー等を使わずとも実寸大の 3D モデルが生成されます。センサー非搭載端末でも、フォトグラメトリをする事は可能ですが、ノンスケールとなります。センサー付きと無しの違いは、スケールの有りと無しとカメラ性能分による違いになります。

撮影方法は、両方とも同じで、対象物を中心に球または半球をイメージしながら、角度を変えて 360 度から撮影します。フォトグラメトリ時の注意点としては、上から撮影する際に、同じ高さから対象物の外形を認識させるようにして、1 周してから角度をつけて撮影すると良いでしょう。