

## iPhone の LiDAR による洞窟 3D スキャン入門

### 1 事前準備

#### 1.1 対応機種

LiDAR センサの搭載された iPhone または iPad を準備すること。狭洞での取回しを考えると、サイズの小さい iPhone のほうが良い。2022 年 6 月現在において、対応機種は以下となる。

- iPad Pro
- iPhone12 Pro
- iPhone12 Pro Max
- iPhone13 Pro
- iPhone13 Pro Max

#### 1.2 使用アプリ

LiDAR による 3D スキャン用アプリは、数種類が公開されている。一般には、主に部屋の間取りなどの空間をスキャンする用途、テーブルに乗る程度のサイズ感の物体をスキャンする用途、人間の体形や顔をスキャンする用途などがあり、それぞれのアプリにより使い勝手が異なる。

洞窟 3D スキャンには、空間スキャンを想定したアプリが良い。「3D Scanner App」が代表的なアプリで、ネット上の情報が多く全機能が無料で利用できる利点がある。

しかしながら本書では、「Polycam」というアプリを用いる。このアプリは、「3D Scanner App」と比較して 3D 処理アルゴリズムが優秀である。一部機能が有料であるが、洞窟 3D スキャンは無料機能のみで問題なく実施できる。

#### 1.3 その他

##### 1.3.1 iPhone カバー及び脱落防止措置

狭洞内で iPhone を取りまわすにあたり、汚れや傷を防止するにはカバーを付けたほうがよい。また、洞窟内で iPhone を誤って取り落とすと回収できない場合もあるため、事前にストラップを付けておく。100 円ショップで購入できる伸縮性のある紐を付けて首からかけると良い。



ただし、3D スキャン中は高負荷な処理が続くため iPhone が発熱しやすい状況であり、使用状況次第でオーバーヒートの懸念がある場合にはカバーを付けないという考え方もある。現時点においては、カバーを付けたまま使用してもオーバーヒートによる不具合は経験していない。

### 1.3.2 ライト

iPhone による 3D スキャンでは、3D 形状のほかに洞窟内部の色情報を写真のように取得することができる。本書では以後便宜上、この色情報をテクスチャと呼ぶ。

照明の無い洞窟においては、質の良いテクスチャを取得するために iPhone 本体にライトを固定して用いると良い。

iPhone に搭載されているライトを点灯できれば良いが、アプリを利用しながら点灯させることができない様子のため、別のライトを iPhone と抱き合わせる。

【青字部分は未検証】適切なライトの種類や明るさについては今後検証する。



### 1.3.3 自撮り棒

【青字部分は未検証】体が入らない小さな空間などは、自撮り棒を用いてスキャンを行うアイデアが示されている。

## 2 「Polycam」アプリの使い方

【青字部分は操作試しながら覚えたほうが良いため、記載省略する】

### 2.1 アプリのインストールとユーザー登録

### 2.2 スキャン

### 2.3 3D データの閲覧

### 2.4 スキャンの再開

「Polycam」には、一度スキャンを終了した後でスキャンを再開できる機能がある。過去のスキャンデータを開いて、画面下部の「追加」アイコンをタップするとスキャンが開始される。過去にスキャンしたモデルと、スキャン中のモデルにオーバーラップする形状が認識されると、そのままスキャンを再開できる。

洞窟の分岐や、スキャンを忘れた箇所の補完などに対応できる機能である。

### 2.5 データ出力 (iCloud Drive によるデータ転送)

- (1) スキャンデータを開いて右上の「↑」アイコンをタップし、「GLTF」を選択する。
- (2) 「“ファイル”に保存」をタップする
- (3) 「iCloud Drive」内の任意の場所を選択し、右上「保存」をタップする。
- (4) PCから iCloud Drive にアクセスして保存したファイルをダウンロードする。

### 2.6 データ出力 (ライトニングケーブルによる Windows PC へのデータ転送)

Windows PC への iTunes のインストール (初回のみ)

- (1) PC でインターネット上から「iTunes for Windows」をダウンロードしてインストールする。(本稿記載時に確認した iTunes のバージョンは 12.12.2)

Polycam アプリからファイルを保存する


- (2) Polycam アプリを起動してスキャンデータを開いて右上の「↑」アイコンをタップし、「GLTF」を選択する。
- (3) 「“ファイル”に保存」をタップする
- (4) 画面上の中央に表示される「poly」という文字がファイル名となる。他のファイル名と重複しないように、ファイル名を変更する。
- (5) 「この iPhone 内」に表示される、**適当な無関係のアプリのフォルダ**<sup>(注)</sup>を選択し、右上「保存」をタップする。

注)本稿では Google Crome アプリのフォルダに保存した。(5)の操作で保存が可能、かつ下の(13)にて転送したいファイルが表示される相乗り先のアプリフォルダを探しておく必要がある。

なお新しいフォルダを「この iPhone 内」に作成してみても、アプリに紐づいていないので iTunes に表示されず PC へ転送できないため、上記のとおり適当な別アプリ用のフォルダ内に転送したいファイルを相乗りさせる形をとる必要がある。

3d scanner app の場合には、アプリ内でポリゴンメッシュ化処理をした時点で内部ファイルが隠蔽されずに「この iPhone 内」の 3d scanner app に保存されており、そのままデータ転送が可能な様子。

#### iPhone から PC へのデータ転送

- (6) PC 上で iTunes を起動する
- (7) iPhone と PC をライトニングケーブル(充電用のケーブル)で接続する
- (8) iPhone の画面に「このコンピューターを信頼しますか」と表示されるので「信頼する」をタップする。iPhone のパスコード入力を求められるので入力する。
- (9) PC の iTunes 上画面に「このコンピューターが iPhone 上の情報にアクセスするのを許可しますか?」と表示されるので、「続ける」をクリックする。
- (10) iTunes 画面に表示される案内に従い、ソフトウェア使用許諾などを行う
- (11) iTunes 画面左上に、iPhone 名が表示されていることを確認する。
- (12) iTunes 画面左のメニューから、「 ファイル共有」を選択する。
- (13) iTunes 画面に表示されたアプリの一覧から、(5)でファイルを相乗りさせたアプリ名をクリックする。
- (14) iTunes 画面右側にファイルの一覧が表示されるので、PC へ転送したいファイルを選択する。複数選択も可能
- (15) ファイル選択窓の右下にある「保存」ボタンをクリックし、保存先の PC フォルダを指定して「フォルダの選択」をクリックするとファイルが PC へ転送される。

### 3 スキャン動作のコツ

#### 3.1 ゆっくり滑らかに動かす

原理上、iPhone はゆっくり滑らかに動かしたほうが精度の良いスキャンができる。iPhone 本体や、iPhone を持つ腕、肘などが壁面にコツンとあたったり、iPhone の向きを急に変えたりするとスキャンデータに実物形状とのズレが生じやすい。

とはいえ絶対に NG というほどではなく、狭洞内では厳しい体勢などで難しい場合もあるため、なるべく意識する程度でよい。

#### 3.2 前後上下左右まんべんなくスキャンする

いざ実施してデータ閲覧してみると、スキャンできていなかった部分を後から発見することも多い。小さな窪みのかげなど含めて全方向に取りこぼしの無いように意識してスキャンすること。

### 3.3 自分が映らないように

岩にかけた自分の手や体がスキャンに映りこまないよう気を付けること。

### 3.4 何度も同じ場所をスキャンしない

3D スキャンは誤差がでるため、行ったり来たりして何度も同じ場所をスキャンすると通るたびに微妙に 3D 位置がズレてしまい、同じはずの場所が取得したモデル上ではズレて 2 重に表示されたりすることがある。なるべく一筆書きで全体をスキャンできるように考えながらスキャンすること。

### 3.5 1～5m程度の距離感がちょうど良い

iPhone の LiDAR は、対象物からの距離を 1～5m程度とって使うのがちょうど良い様子。狭洞では壁に近づきすぎないように可能な限り壁から iPhone を離すようにし、大空間では壁から 5m 以上離れすぎないように気を付けること。

### 3.6 一時停止の機能を活用する

狭洞では、片手で iPhone を保持しながら体の位置や向きを変えるのが難しい場面がある。このような場合には、Polycam のスキャンを一時停止したうえで、体の位置を変えてからスキャン再開すると良い。

### 3.7 奥から洞口へ戻りながらスキャンを行う

一度、奥まで入ってから洞口方向へ戻りながらスキャンを行うとよい。最初に奥まで行く過程で、洞窟の構造や距離感、足場などを把握して、どのようにスキャンしながら戻るかを考えておくことで効率よくスキャンすることができる。

## 4 スキャンエリアの分割

大きな洞窟を一度にスキャンすると取得データのサイズが重くなりすぎてしまい、アプリの処理にエラーが発生したり、アプリが強制終了したりすることがある。ある程度の空間のスキャンを行ったら一度スキャンを終了し、別データとして続きの空間をスキャンする。2.4 項に記した「追加」の機能は、最終的なデータサイズが大きくなるのでエリア分割の目的では使用できない。**【どの程度の広さ、長さを目安に空間に分割するのが適切であるかは未検証。狭洞なら 1 回のスキャンを 30m～50m 進むくらいと予想している】**

分割して取得した 3D スキャンデータは、持ち帰って PC で結合処理を行う。PC 操作でモデ

ル結合ができるよう、スキャン範囲をある程度オーバーラップさせておくこと。【どの程度のオーバーラップが適切であるかは未検証。特徴的な形が含まれた 2～3m 程度の範囲を取っていれば問題ないと予想している】

## 5 持ち帰ったデータの処理

### 5.1 3D ビューアーによるデータ閲覧

2.5 項または 2.6 項により Windows PC に取り込んだ glb/gltf 形式データは、そのままファイルをクリックすることで Windows 標準の 3D ビューアーにより 3D 形状を確認することができる。

また、「Mesh LAB」や「Cloud Compare」というフリーソフトを用いて 3D 形状を確認することもできる。これらのソフトは 3D スキャンデータを扱うためのソフトであり、ファイル形式の変換、複数ファイルの読み込み・結合などの操作もできる。

### 5.2 Blender による操作

#### 5.2.1 Blender の環境構築【ネット情報などあるので記載省略】

- (1) インストール、インターフェイスの日本語化
- (2) 基本操作方法の習得

#### 5.2.2 データ処理用アドオン「Cave Mapper」の利用

3D スキャンした洞窟データを処理するための Blender 用アドオン「Cave Mapper」を開発した。このアドオンは以下のワークフローによりデータ処理を行うものである。

- (1) 4 項に記した趣旨で分割してスキャンしたデータの結合
- (2) データの軽量化
- (3) 断面図の作成

使用方法は「Cave Mapper マニュアル」を参照のこと。

#### 5.2.3 距離計測

別紙「Blender(Ver3.0.1)による 3D モデル上での測距\_20220308」を参照のこと。

#### 5.2.4 ウォークスルー動画の作成

【そのうち書くつもり】

## 6 補足

### 6.1 分割してスキャンしたデータの結合

#### 6.1.1 結合方法の考え方

分割した 3D データを復元する際には、3D モデル同士が重なり合う部分の位置合わせを行う必要がある。各種のパソコンソフトを用いて手作業で行うことも可能であるが、これは多大な労力を要する。このため、できる限り自動処理で位置合わせを行う方法を模索することになる。

2 つの結合したい 3D 形状を自動位置合わせする際には、全く手がかりの無い状態から大雑把に位置と向きを合わせる操作が第一段階となる。この操作を指す用語は統一されていない様子であるが、Global Registration、Global Alignment という呼び方がなされている。

次に、大雑把に位置合わせがされた状態から、より形状がフィットするように微調整を行う。これを自動で行うアルゴリズムは ICP(Iterative closest point)と呼ばれる。

#### 6.1.2 スキャンデータ処理ソフトによる結合

ここでは、「Cave Mapper」を用いないで 6.1.1 項を行う手段を提示する。

【青字部分は未実証】

「Mesh LAB」や「Cloud Compare」には、位置合わせ機能がある。

大雑把な位置合わせは、結合したい 2 つの 3D 形状の対応するポイントを手作業で指示すると、対応するポイントがおおよそ一致する位置になるよう 3D 形状が移動する。

その後、ICP を実行することで自動処理による微調整を行う。

#### 6.2 Blender を用いた手動操作による断面図作成

「Cave Mapper」が自動処理により行っている断面図生成について、手動操作により行う方法を別紙「Blender(Ver3.0.1)による断面表示レンダリング」に記した。断面図生成に関わる Blender の動作について学びたい場合には、参考となる。

以上