

洞窟測量における Polycam (3D スキャンアプリ) 操作マニュアル

小竹祥太¹・林田 敦¹・柏木健司²

¹パイオニアケイビングクラブ

²富山大学理学部自然環境科学科：〒930-0051 富山市五福 3190

要旨：洞窟を対象とする iPhone Pro を用いた LiDAR 測量に際して、3D スキャンアプリとして Polycam を使用した。本稿では Polycam 上での LiDAR 測量の操作、および iPhone 上での Polycam の操作について解説する。

キーワード：3D スキャンアプリ、ポリカム、アイフォーンプロ、ライダー測量、洞窟

Instruction manual for the use of Polycam (a three-dimensional scanning application) in cave mapping

KOTAKE Shota¹, HAYASHIDA Atsushi¹ and KASHIWAGI Kenji²

¹Pioneer Caving Club

²Department of Natural and Environmental Sciences, School of Science, University of Toyama: 3190 Gofuku, Toyama 930-855, Japan

Abstract: We used Polycam as a three-dimensional scanning application for Light Detection and Ranging (LiDAR) survey with an iPhone Pro to create detailed cave maps. In this paper, we explain the overall process of LiDAR survey using Polycam.

Key words: 3D scanning application, Polycam, iPhone Pro, LiDAR survey, cave

1. はじめに

小竹ほかの「iPhone Pro を用いた七久保の道穴（新称）（群馬県下仁田町青倉川上流域）の LiDAR 測量」に係り、Polycam の基礎的および応用的使用方法について記す。以下の記述は 2022 年 11 月時点での情報に基づき、可能な限り客観的な記述および判断を心がけているものの、一部に主観的な意見が入っていることも予想される。そのため、本文章の内容については読者の判断で取舍選択し、試行等を行って頂きたい。また、実施に係るいかなる不具合や損害について著者らに責は無いものとする。

以下で記す内容は、次の動作環境で実施した。

Windows 10 ないし 11

iPhone 12Pro ないし 13 Pro

Polycam

Blender 3.0.1

Open 3D 0.15.1

Cave Mapper 1.2 (2022 年 11 月作成)

LiDAR センサーの搭載された iPhone または iPad は、2022 年 12 月時点で以下の機種がある。

iPad Pro

iPhone12 Pro

iPhone12 Pro Max

iPhone13 Pro

iPhone13 Pro Max

iPhone14 Pro

iPhone14 Pro Max

洞窟の測図作成を目的とする LiDAR 測量の場合、洞内にある狭洞での取り扱いを考えると、サイズの小さい iPhone が使い易い。以下では、iPhone の使用を前提とした操作を示す。なお、図 1 に Polycam の基本および応用的動作における、画面上での操作方法を示す。

2. 3D スキャンアプリと準備

2.1 Polycam

LiDAR による 3D スキャンアプリは、複数が公開されている（図 1 の①）。スキャンの対象物としては、部屋の間取りなどの空間全体、テーブルに乗るサイズ感の物体、および人間の体形や顔など様々で、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 は代表的なアプリで、インターネット上の情報も多く、全機能が無料で利用できる利点がある。筆者らは、3D Scanner App を含む複数のアプリ（Scaniverse, WIDAR, SightSpace）を試行し、現時点で Polycam を利用アプリとして選択している。このアプリは、3D Scanner App と比較すると、3D 処理アルゴリズムが優秀である。一部の機能が有料であるものの、洞窟を対象とする 3D スキャンは、本アプリの無料機能で実施可能である。Polycam の使用方法は後ほど詳しく説明する。

2.2 iPhone の保護と脱落防止措置

洞内での iPhone の使用にあたり、汚れや傷の防止としてケースの取り付けが推奨される。また、洞内で iPhone を誤って落とすと、状況次第で回収が不可能となるため、使用時の利便性も考慮して伸縮性のストラップを付けておくことが推奨される。ところで、3D スキャン中は高負荷な処理が続くため、iPhone は発熱し易い状況にある。使用状況によっては、オーバーヒートを避けるためにケースを付けないという選択肢もある。ただし、我々のこれまでの測量作業で、ケースを付けた状態での使用で、オーバーヒートによる不具合は無い。

2.3 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できる。この色情報を以下ではテクスチャと呼ぶ。一般に、暗黒の洞窟内ではヘルメットに装着したヘッドライトを点灯して作業するものの、計測範囲をそれで常に点灯することは実質的に不可能である。そこで、別のライトを iPhone に固定し LiDAR 照射範囲を常に照らすことで、均質な像を得ることが可能である。なお、iPhone 搭載のライトは、アプリを利用しながら点灯できないようである。iPhone へのライトの固定方法は様々で、輪ゴムや結束バンドによる固定など、使用するライトの形状等に合わせて調整する必要がある。また、ルート沿いに照明が整備されている観光洞においても、均質な像を得るためには、ライトを iPhone に固定して利用することが推奨される。

2.4 自撮り棒・伸縮性ポール

体が入らない狭洞空間などを対象に、iPhone を自撮り棒ないし伸縮性ポールの先に取り付けてスキャンできる。なお、iPhone が自撮り棒から落下した場合、直接の回収は不可能な場合がほとんどだと思われる。iPhone の落下防止対策を十分に施しておく必要がある。

3. Polycam の基礎的な使用方法

3.1 Polycam の入手とユーザー登録

Polycam はここで使用する 3D スキャンアプリであり、iPhone の App Store で検索し入手する。検索から入手方法は通常のアプリと同様である。iPhone への Polycam インストールが完了し、表示された「開く」をタップすると（図 1 の②）、初回起動するとアカウント作成画面が表示される。画面に従い、メールアドレスまたは Google アカウントを登録する。

3.2 スキャンの基本動作

iPhone 画面上の Polycam アイコンをタッチすると、カメラを通した画像が画面に表示される。画像の下には「録画ボタンを1回タップすると開始します」との表示がある(図1の③)。この状態で iPhone を様々な方向に向けると、画像上に白格子の入った範囲が映し出される。この格子の入った範囲がスキャン範囲である(図1の③)。また、格子が入っていない範囲は、計測範囲を越えてスキャンされない範囲である。画面下中央の白い録画ボタンをタップしスキャンを開始する。この時点でボタンの色は白から赤に変わる(図1の④)。また、画面全体が薄く紫色で覆われ、スキャン済みの空間から色が消えて白格子の入った画像となり、スキャンできたか否かの判断ができる(図1の④)。

スキャンの際の基本動作として、ゆっくり滑らかに動かすことを心がける。また、小さな窪みや凹凸などを含み、出来る限り取りこぼしの無いように意識し、前後上下左右まんべんなくスキャンする。その際、自分の手足が入り込まないように注意する。同じ場所を何度もスキャンすることはできる限り避け、なるべく一筆書きで全体をカバーするようにスキャンする。スキャンが終了すると赤ボタンをタップする(図1の④)。以上の動作を円滑に行うためには、スキャン前に洞内の状況を把握しておくことが望ましい。そこで、最初に対象とする空間の最奥まで移動しながら、洞窟の構造や凹凸、距離感、足場などを把握して、分割する地点も含めスキャンプランを組み立てる。そうすることで、最奥から洞口方向へ戻りながら、効率よくスキャンすることが可能となる。

以下に、スキャンに際しての注意点を記す。iPhone 本体や iPhone を持つ腕や肘などが周囲の壁面などに当たると、iPhone の動きが短い時間であっても急になってしまう。そのような場合、スキャンデータに実物形状とのズレがしばしば生じる。ただし、必ずズレが生じるわけではない。また、同じ場所を何度もスキャンすると、そのたびに 3D 位置に微妙なズレが生じ、結果的に 3D スキャンの誤差となり、取得したモデル上で同じはずの場所が 2 重に表示されることがある。

iPhone の LiDAR は、対象物から距離を 1~5 m 程度離して使用するのが良い。狭洞では洞壁を含む対象物に近づき過ぎないように注意して、可能な限りそこから iPhone を離してスキャンする。また、広い空間では対象物から 5 m 以上離れすぎないように気を付ける。

3.3 3D 画像への処理

スキャン終了時に赤ボタンをタップすると、色付きのスキャンデータが表示される(図1の⑤)。その下の処理ボタンの左横には、処理時間の目安が表示される。処理に要する時間はスキャンした量により異なる。処理ボタンをタップすると、所用時間の書かれた場所が「処理中」表示になり、3D 画像への変換処理が開始される(図1の⑥)。処理が終わると 3D 画像が表示され、画面上で拡大縮小や回転を含む様々な表示が可能となる(図1の⑦)。

3D 画像の表示画面の左上の「<」(図1の⑦)をタップすると、これまでスキャンしたデータの一覧が表示される(図1の⑧)。それぞれの 3D 画像の下には、スキャンした日時が記されている。この日時は任意の名称に変更可能である。変更する画像をタップして開き、左上の「○に…の入ったアイコン」をタップすると(図1の⑦)、薄い文字で「無題。タップして名前を付ける。」が画像下に表示される。「無題。タップして名前を付ける。」をタップし、任意のファイル名を入力し、画面をタップし画面下の「閉じる」をタップする。3D 画像の表示画面の左上の「<」(図1の⑦)をタップし、一覧に戻りファイル名の変更を確認する。

3.4 PC へのデータ出力 (iCloud Drive によるデータ転送) と PC 上でのデータ確認

データ出力したい 3D 画像を開き、スキャンデータ右上の端のアイコン「↓」をタップし(図1の⑦)、export の形式選択画面を開く(図1の⑨)。それぞれの形式アイコンの右上に Pro と表示されている形式は、有料版でのみ使用可能な形式であり、無料版では「GLTF」形式を選択する。次の画面で「ファイル」に保存」をタップし、「iCloud Drive」内の任意の場所を選択し、右上「保存」をタップする。なお、事前に iCloud Drive 内に保存先のフォルダを作成しておくことが望ましい。データを Desktop PC ないし

Laptop PC 上で扱う場合、PC 上で iCloud Drive にアクセスし、保存したファイルをダウンロードする。Windows PC に取り込んだ glb/gltf 形式のデータは、そのままファイルをダブルクリックして、Windows 標準の 3D ビューアーにより 3D 形状を確認できる。

4. Polycam の応用的な使用方法

Polycam には、洞窟調査でのスキャンに際して、幾つかの便利な機能が標準装備されている。

4.1 スキャンの一時停止および再開

Polycam のスキャンには一時停止機能がある。スキャン中を示す赤色の録画ボタンの右横の一時停止ボタン（図 1 の④）をタップする。すると、画面下に「capture paused」が表示される。再開には「○に▶記号の入るアイコン」をタップし、終了時には赤い録画ボタンをタップする。一時停止機能は、狭洞など円滑な動きが難しい空間での測量に効果的で、一時停止後にスキャンし易い体制に体を入れ替え、スキャンを再開する。

Polycam には、スキャン終了後にスキャンを再開できる機能がある。再開する場所ないし対象物付近で過去のスキャンデータを開き、画面下部の「追加」アイコンをタップする。「追加」アイコンが見当たらない場合は、画面下を左右にタップしてアイコンを移動させる。過去にスキャンした 3D データとスキャン中の 3D 形状に、相互にオーバーラップする形状が認識されると、「relocalization successful! You can now proceed to scanning new areas」と表示され、白い録画ボタンを押すとスキャンが再開される（図 1 の⑩）。洞窟の分岐に加え、スキャンし忘れた箇所の補完に対応できる。なお、「追加」機能はデータサイズの増加につながり、ファイルサイズが大きくなることでアプリのエラーや強制終了が生じることがある。また、過去の 3D データにオーバーラップする範囲が認識されない場合、「rescan the place you originally scanned to extend, targeting visually rich areas」として「iPhone を動かして開始」という表示が画面上に示される（図 1 の⑪）。我々の数度の経験では、同じ場所のスキャン再開は問題なくできたので、iPhone を様々な方向に動かしてもこの表示が消えない（再開に移行しない）場合は、スキャン対象である場所ないし対象物を間違っているか、同じ場所であっても変更が生じた可能性を考慮する必要がある。

4.2 スキャンの分割

一度にスキャンする空間の大きさやそれに伴うデータ量に依っては、取得データのサイズが大きくなり過ぎることで Polycam の処理にエラーが発生し、または Polycam が強制終了することがある。どの程度の広さや長さを目安に、スキャンする空間を分割するのが適切ないし最適であるかは、調査目的に係るスキャンの精度に紐付けされる取得データ量に左右され、数字で示すことは難しい。なお、一定以上の空間を対象に分割してスキャンする際、後の 3D モデル結合処理の際の利便性を考慮して、目安として 2-3 m 程度の重複を必ず確保しておく必要がある。また、特徴的な形状が含まれる空間で重複を取ることが望ましい。

4.3 データの再処理

Polycam では、処理済みの 3D データを繰り返し処理できる機能が備わっている。処理済みの画面下に並ぶアイコンのうち、左端の「処理」をタップ（図 1 の⑦）すると、処理画面に移動する（図 1 の⑤）。ここで右下の「カスタム」をタップすると、深度範囲、ボクセルサイズ、簡略化、自動クロップ、LOOP CLOSURE について、処理条件を調整できる（図 1 の⑫）。処理条件を調整後に「処理」をタップすると、画面中央のダイアログボックス内に「Reprocess capture? This will overwrite the existing capture and erase your edits.」と表示される。以前に処理した 3D 画像データは上書きされるので注意が必要である。処理を続ける際は「はい」をタップする。すると、新しい条件での処理が開始される。

5. 情報の取得

小竹が運営管理する GitHub リポジトリに、筆者らが進める洞窟測量に関する情報として、Polycam と Blender の使用方法、アドオン Cave Mapper ファイルなどを公開している。本稿で記した内容を含み、最新の情報はこちらを参照されたい。

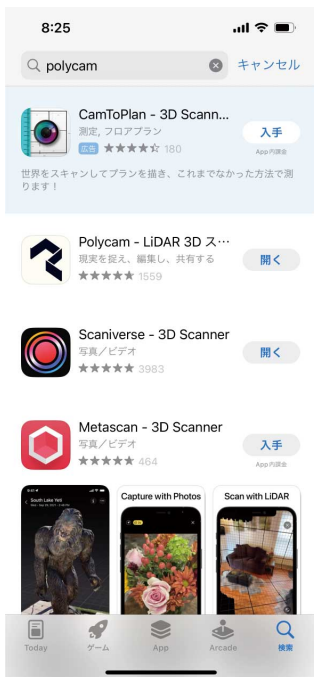
<https://github.com/CaveMapper/CaveMapper>

Polycam について、公式ホームページに詳細な情報が掲載されている。

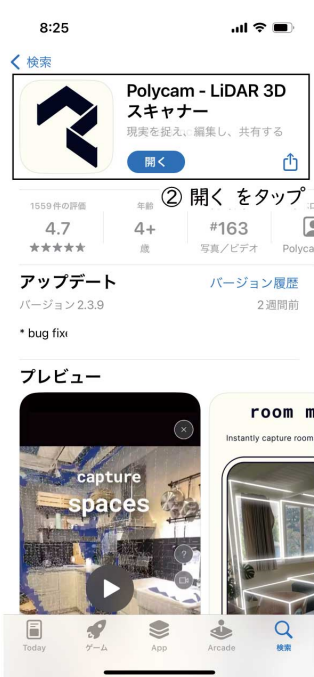
<https://poly.cam/> (20230207 最終閲覧)

謝辞

PCC メンバーには、洞窟での LiDAR 測量で協力を頂いている。以上の方々に感謝の意を表する。



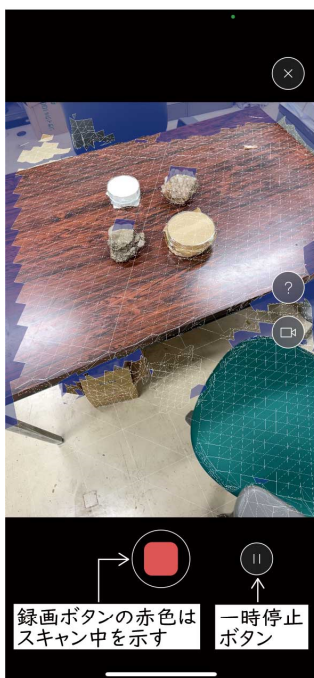
① App Store検索画面。
Polycamで検索した結果で、他の3Dスキャンアプリも表示される。インストール前のアプリは、「入手」が表示される。



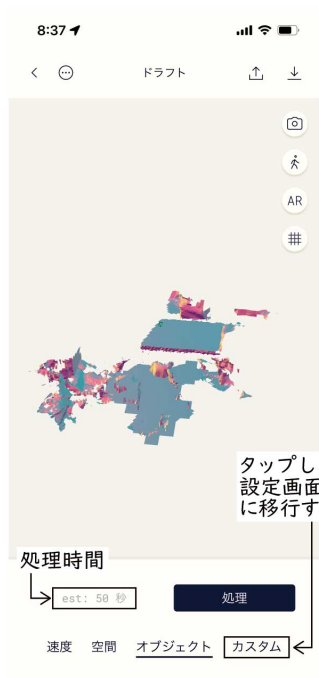
② PolycamのiPhoneへのインストール完了後、「開く」をタップしてPolycamを起動する。



③ Polycamの起動画面。
白格子がスキャン範囲で、録画ボタンをタップして開始する。



④ スキャン中の画面。
白格子の範囲はスキャン済みで、紫色の範囲はスキャンされていない範囲を示す。赤色の録画ボタンをタップすると、スキャンは終了する。



⑤ スキャン終了直後の画面。
色付きスキャンデータ表示画面の下に、処理にかかる大まかな時間が表示されている。処理ボタンをタップし、処理を開始する。



⑥ 処理中の画面。
画面上で処理中のスキャンデータ表示が続く。

図 1. Polycam の使用方法.



⑦ 処理済みの画面。
3D画像が画面中央に表示される。
画面をタップすることで、拡大縮小
や視野変更などができる。



⑧ スキャンデータの一覧。
それぞれのデータファイルは、初期
設定として日付が付されている。



⑨ Export 画面。
GLTFを選択すると、保存場所を
聞く画面に移動する。



⑩ スキャン再開の画面。
画面下の表示とともに、白色の
録画ボタンが表示される。



⑪ スキャン再開不可の画面。
iPhoneを様々な方向に動か
して、過去の3Dデータとのオー
バーラップの検出を試みる。



⑫ 処理条件のカスタム画面。
それぞれを調整後に、再度、処
理ボタンをタップする。

図 1 (続). Polycam の使用方法.