

## Cave Mapper マニュアル

### 1 はじめに

#### 1.1 Cave Mapper の概要

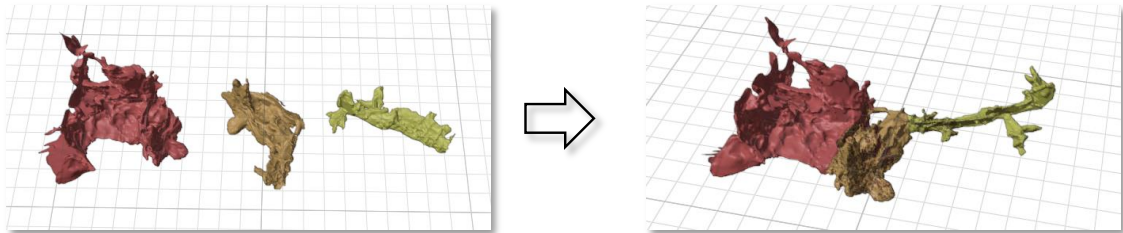
iPhone に LiDAR センサが搭載され、個人で簡単に 3D スキャンが行えるようになった。Cave Mapper は、3D スキャンした洞窟内部のモデルデータをパソコンにて後処理するためのプログラムである。フリーの 3DCG ソフトである Blender 上で動作するアドオンとして開発されており、一部機能には Open3D ライブラリを用いている。

Cave Mapper は著者が趣味として個人開発をしたソフトウェアであり、一般的に流通しているソフトウェアのような高い品質やサポートを提供できるものではない点を承知のうえ利用してほしい。

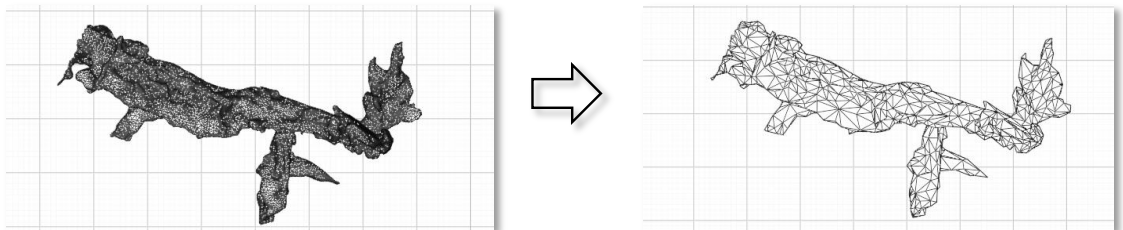
Cave Mapper の基本的な機能を次ページに示す。

## Cave Mapperの機能

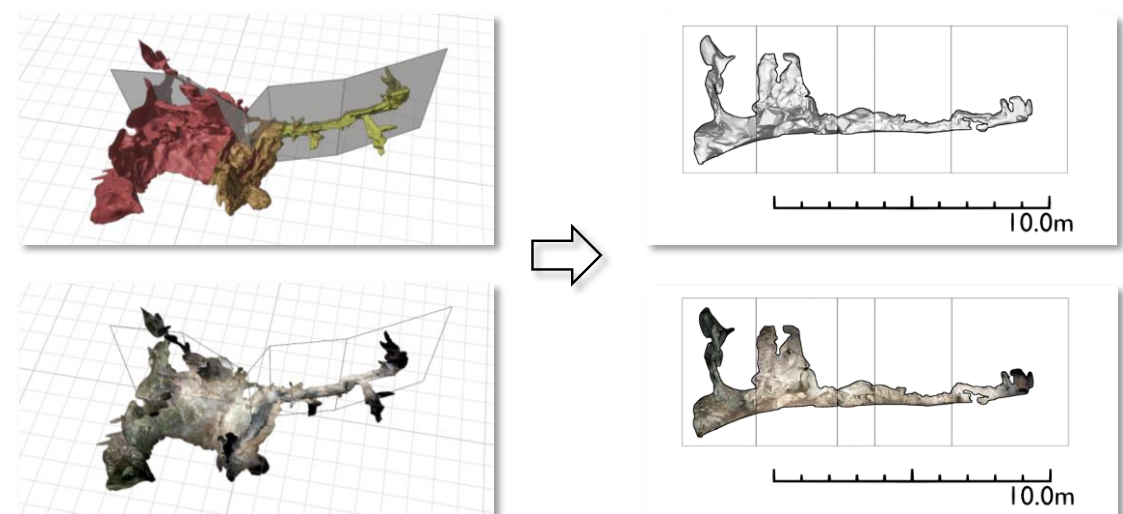
### モデルの位置合わせ



### データの軽量化



### 断面図の作成



## 1.2 Blender の使用について

本マニュアルでは、読者はパソコンに Blender をインストールのうえ、基本操作を一通り習得していることを前提として Cave Mapper の利用方法を記す。

初心者は市販の入門書や Web 情報を参考に Blender の基本操作を習得されたい。また Blender 及び Cave Mapper の利用にあたっては高性能なパソコンを用いることが望ましい。パソコンのスペックについては、入門書や Web 情報に記載されている Blender の動作環境の目安を参考にすること。

## 1.3 読み込みファイル形式

本プログラムは、「iPhone の LiDAR による洞窟 3D スキャン入門」の記載に従って取得した 3D データの処理を前提としている。すなわち、iPhone アプリ「Polycam」によってスキャンを行い、GLB/GLTF 形式で保存したファイルを扱う。

## 1.4 バージョン情報

Cave Mapper は、以下のバージョンにおいて開発され作動確認を行ったものである。

Windows10 Home

Blender 3.0.1

Open3D 0.15.1

## 1.5 関連文書

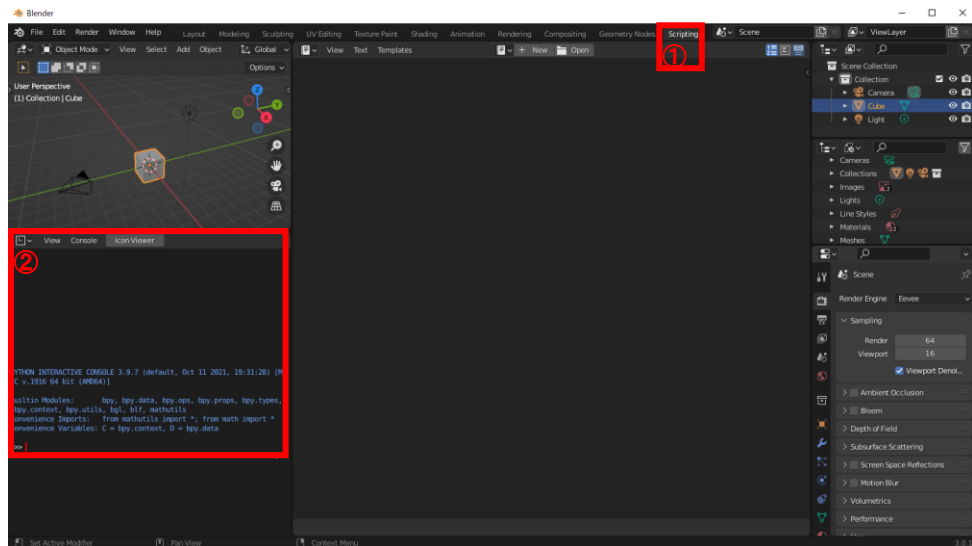
(1) iPhone の LiDAR による洞窟 3D スキャン入門

## 2 初回設定

### 2.1 open3d の導入

#### (1) Blender を動作させている Python のパスの取得

- ① Blender を起動し、「Script」タブを開く
- ② 左下の Python Console をクリックし、文字入力できる状態にする。



#### 注意:

以下の手順において、マウスカーソルをコンソールの枠内に留めておくこと。さも  
ないと文字入力ができない。

- ③ コンソールに右を打ち込んでエンターを押す: `import sys`
- ④ コンソールに右を打ち込んでエンターを押す: `sys.exec_prefix`
- ⑤ 表示された青字部分を全て選択して、「Ctrl + C」でコピーする

```
>>> import sys
>>> sys.exec_prefix
'C:\\Program Files\\Blender Foundation\\Blender 3.0\\3.0\\python'
```

- ⑥ Blender を一度終了する。

#### (2) Open3D のインストール

- ① Windows のスタートアイコン横のテキストボックスに「Windows PowerShell」と  
入力する
- ② 検索結果に表示された「Windows PowerShell」を右クリックする
- ③ 「管理者として実行」を選択する。



- ④ 「このアプリがデバイスに変更を加えることを許可しますか」というウィンドウが表示されたら「はい」をクリックする。

- ⑤ 濃い青を背景としたプロンプト画面が開く

- ⑥ ディレクトリを移動

以下を打ち込んでエンターを押す：

「cd」「半角空白」「(1)⑤でコピーしたパス」

```
PS C:\WINDOWS\system32> cd "C:\Program Files\Blender Foundation\Blender 3.0\3.0\python"
```

- ⑦ ディレクトリが移動したことを確認

コンソールの白文字に注目し、パスが正しく移動したことを確認する

```
PS C:\Program Files\Blender Foundation\Blender 3.0\3.0\python>
```

- ⑧ Pip をインストール

補足：Blender 3.0.1 では pip が標準インストールされている様子だが、本手順を実行しても構わない。

以下を打ち込んでエンターを押す：.<%bin%python.exe -m ensurepip

```
PS C:\Program Files\Blender Foundation\Blender 3.0\3.0\python> .%bin%python.exe -m ensurepip
Looking in links: c:\Users\Kotake\AppData\Local\Temp\tmp37_ph8ea
Requirement already satisfied: setuptools in c:\program files\blender foundation\blender 3.0\3.0\python\lib\site-packages (57.4.0)
Requirement already satisfied: pip in c:\program files\blender foundation\blender 3.0\3.0\python\lib\site-packages (21.2.3)
```

- ⑨ Pip がインストールされていることを確認

右を打ち込んでエンターを押す：.%bin%python.exe -m pip -v

インストールされていれば、使い方(コマンドとオプション)が表示される

```
C:\Program Files\Blender Foundation\Blender 3.0\3.0\python>.\\bin\\python.exe -m pip --
Usage:
  C:\Program Files\Blender Foundation\Blender 3.0\3.0\python\\bin\\python.exe -m pip <command> [options]

Commands:
  install           Install packages.
  download          Download packages.
  uninstall         Uninstall packages.
  freeze            Output installed packages in requirements format.
  list              List installed packages.
  show              Show information about installed packages.
  check             Verify installed packages have compatible dependencies.
  config            Manage local and global configuration.
  search            Search PyPI for packages.
  cache             Inspect and manage pip's wheel cache.
  index             Inspect information available from package indexes.
  wheel             Build wheels from your requirements.
  hash              Compute hashes of package archives.
  completion        A helper command used for command completion.
  debug             Show information useful for debugging.
  help              Show help for commands.

General Options:
  -h, --help            Show help.
  --isolated            Run pip in an isolated mode, ignoring environment variables and user configuration.
  -v, --verbose         Give more output. Option is additive, and can be used up to 3 times.
  -V, --version         Show version and exit.
  -q, --quiet           Give less output. Option is additive, and can be used up to 3 times (corresponding to WARNING, ERROR, and CRITICAL logging levels).
  --log <path>         Path to a verbose appending log.
  --no-input            Disable prompting for input.
  --proxy <proxy>       Specify a proxy in the form [user:passwd@]proxy.server:port.
  --retries <retries>   Maximum number of retries each connection should attempt (default 5 times).
  --timeout <sec>       Set the socket timeout (default 15 seconds).
  --exists-action <action> Default action when a path already exists: (s)witch, (i)gnore, (w)ipe, (b)ackup, (a)bort.
  --trusted-host <hostname> Mark this host or host:port pair as trusted, even though it does not have valid or any HTTPS.
  --cert <path>         Path to PEM-encoded CA certificate bundle. If provided, overrides the default. See 'SSL Certificate Verification' in pip documentation for more information.
  --client-cert <path> Path to SSL client certificate, a single file containing the private key and the certificate in PEM format.
  --cache-dir <dir>     Store the cache data in <dir>.
  --no-cache-dir        Disable the cache.
  --disable-pip-version-check Don't periodically check PyPI to determine whether a new version of pip is available for download. Implied with --no-index.
  --no-color            Suppress colored output.
  --no-python-version-warning Silence deprecation warnings for upcoming unsupported Python versions.
  --use-feature <feature> Enable new functionality, that may be backward incompatible.
  --use-deprecated <feature> Enable deprecated functionality, that will be removed in the future.
```

## ⑩ Open3d のインストール

以下を打ち込んでエンターを押す:

```
.\\bin\\python.exe -m pip install open3d==0.15.1
```

```
C:\Program Files\Blender Foundation\Blender 3.0\3.0\python>.\\bin\\python.exe -m pip install open3d==0.15.1
```

インストールの進捗に従い、文字がたくさん出てくる。

しばらく待って、最下行に以下のように「パス>」の表示がされたら完了

```
C:\Program Files\Blender Foundation\Blender 3.0\3.0\python>
```

## (3) Open3d がインストールされたことの確認

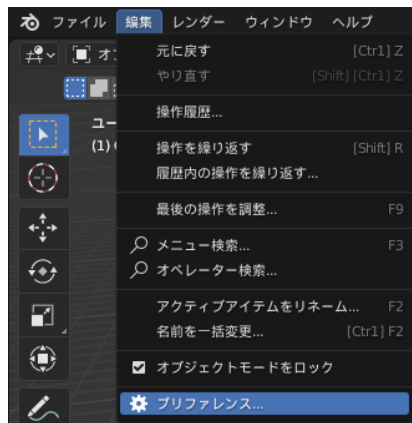
- ① もう一度 Blender を起動し、「Script」タブを開く
- ② 左下の Python Console をクリックし、文字入力できる状態にする。
- ③ コンソールに右を打ち込んでエンターを押す: `import open3d`
- ④ コンソールに右を打ち込んでエンターを押す: `print(open3d.__version__)`

0.15.1 と表示されれば OK

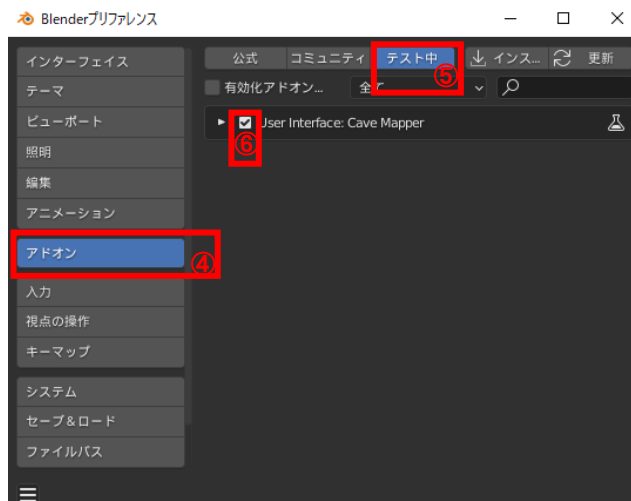
```
>>> import open3d
>>> print(open3d.__version__)
0.15.1
```

## 2.2 アドオンの導入

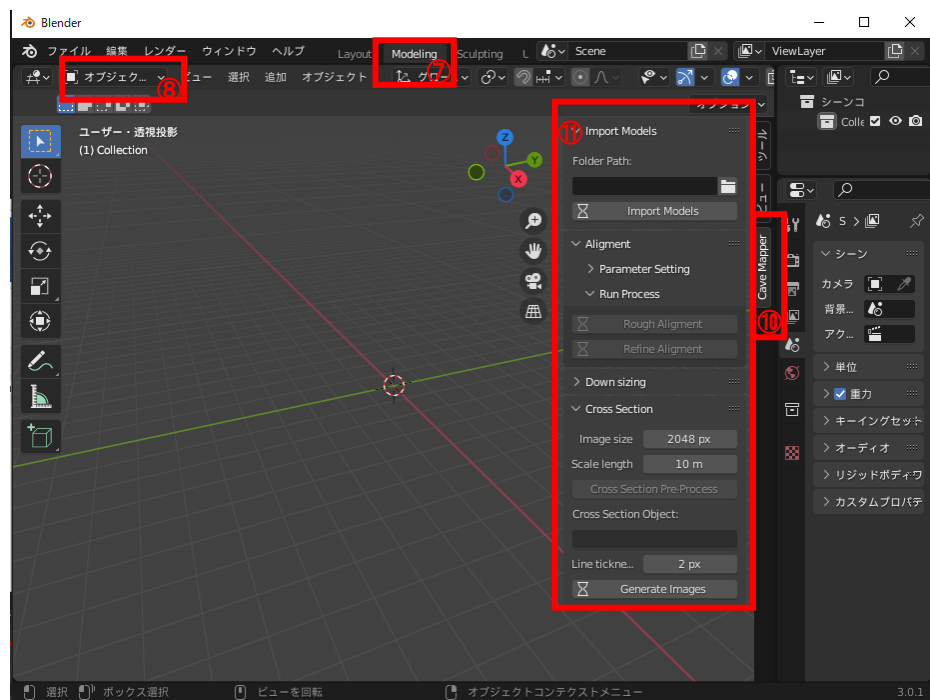
- ① Windows 上で以下のフォルダを開く:  
C:\Program Files\Blender Foundation\Blender 3.0\3.0\scripts\addons
- ② アドオンファイル「Cave Mapper.py」を①で開いたフォルダ内に移動する
- ③ Blender の「編集>プリファレンス」を開く



- ④ 「Blender プリファレンス」ウインドウが開くので、左のタブから「アドオン」をクリックする
- ⑤ 「テスト中」をクリックする
- ⑥ 「User Interface: Cave Mapper」が表示されるので、チェックボックスにチェックを入れる



- ⑦ Blender の「Modeling」タブを選択する
- ⑧ 「オブジェクトモード」にする
- ⑨ 「<」マークをクリックする、または「N」キーを押してツールバーを出す
- ⑩ 「Cave Mapper」タブをクリックする
- ⑪ メニューが表示されれば OK



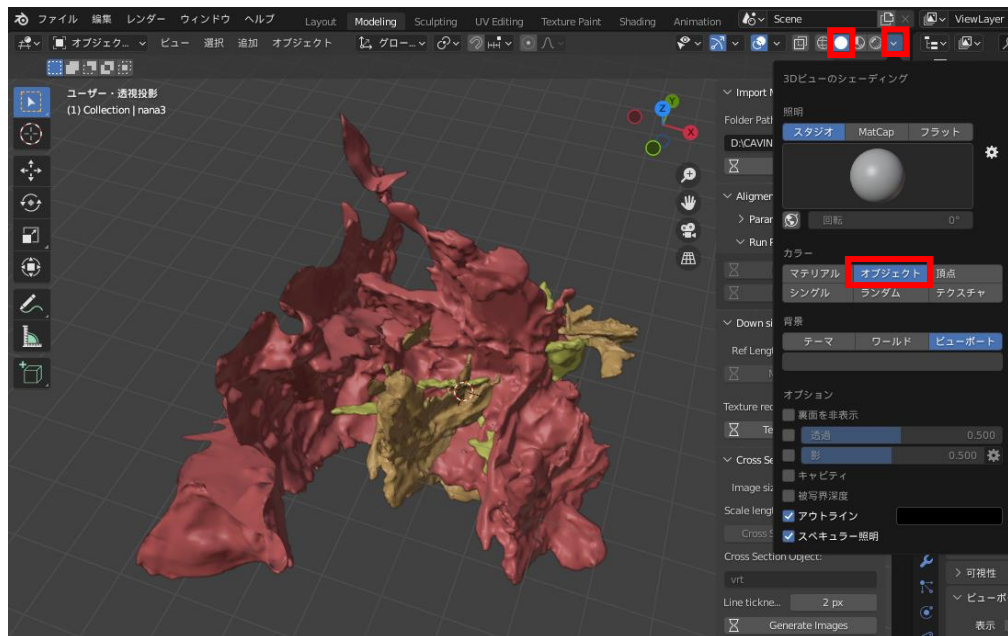


### 3 GLB/GLTF ファイルのインポート

- ① 読み込みを行う GLB/GLTF ファイルをまとめて任意のフォルダに保存しておく。
- ② Blender 上のカメラ、ライト、オブジェクトを全て削除する
- ③ Cave Mapper アドオンのメニュー>Import Models>Folder Path で、ファイルを保存したフォルダを選択する

注意:ファイル数やファイルサイズが大きいと、次の操作に処理時間がかかる

- ④ 「Import Model」ボタンをクリックすると、フォルダ内の全ての GLB/GLTF ファイルが Blender に読み込まれる。
- ⑤ 操作が完了したら、バックアップのため Blender ファイルを保存する
- ⑥ 読み込んだオブジェクトには、それぞれ自動的にオブジェクトカラーが設定される。  
シェーディングを「ソリッドモード」にし、カラーを「オブジェクト」に設定すると、オブジェクトの識別が行いやすい



## 4 モデルの位置合わせ

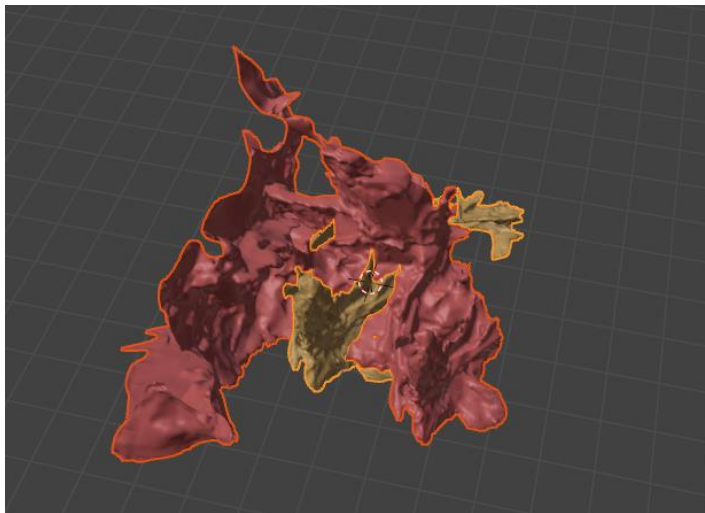
### 4.1 大雑把な位置合わせ

#### 4.1.1 自動位置合わせ

注意:

自動位置合わせは、条件が悪くないとプログラムが正しい位置を見つけることができない。位置合わせを行おうとする2つのオブジェクトにおいて、正しい位置合わせ後の状態で概ね50%以上の面積が重なり合う状態であれば成功しやすい。

- ① Blender のコレクションにて各オブジェクトの👁️アイコンを操作し、位置合わせを行おうとする2つのモデルだけを表示した状態にする。
- ② 位置合わせを行おうとする2つのモデルだけを選択した状態にする。位置合わせは、「暗いオレンジで選択しているオブジェクト」が固定されたまま、「明るいオレンジで選択しているオブジェクト」が動いて位置合わせが行われる。



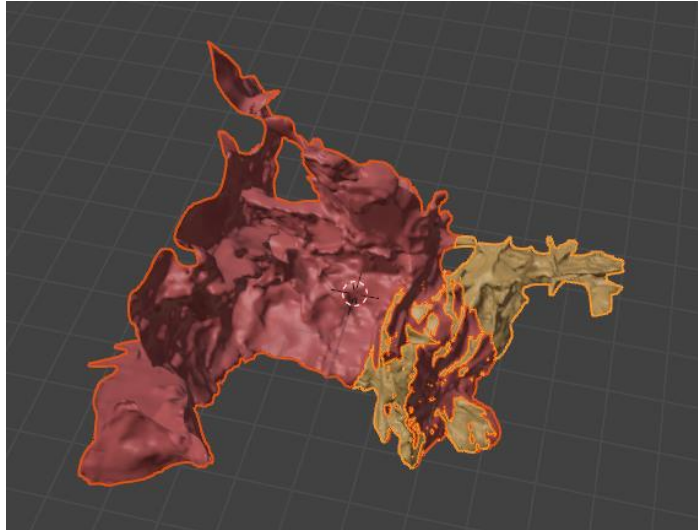
位置合わせ前の状態の例

注意:

オブジェクトの頂点数が多いと、次の操作に処理時間がかかる

- ③ Cave Mapper アドオンのメニュー→Alignment から「Rough Alignment」をクリックする。

- ④ 処理が完了したら、モデルの重なり合いが正しい状態か目視で確認する。誤りであった場合には、「Ctrl + Z」キーを押して元の状態に戻し、③をもう一度試行する。または、次項の手動位置合わせを行う。



大雑把な位置合わせが成功した状態の例

#### 4.1.2 手動位置合わせ

- ① Blender の機能により、手作業でオブジェクトの移動・回転の操作を行うことにより、大雑把な位置合わせを行う。

このとき、必ず「オブジェクトモード」で操作を行うこと。

iPhone による 3D スキャンデータはモデルの上下は正しい状態であるため、回転は Z 軸周りのみで操作するとよい。

真下・真上の視点から操作を行うと、モデルの一致点の特徴をつかみやすい場合が多い。

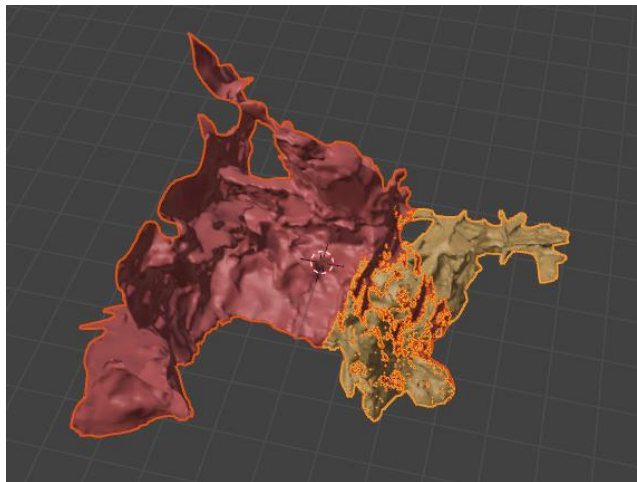
#### 4.2 位置合わせの自動微調整

- ① Blender のコレクションにて各オブジェクトの🎯アイコンを操作し、位置合わせを行おうとする 2 つのモデルだけを表示した状態にする。
- ② 位置合わせを行おうとする 2 つのモデルだけを選択した状態にする。位置合わせは、「暗いオレンジで選択しているオブジェクト」が固定されたまま、「明るいオレンジで選択しているオブジェクト」が動いて位置合わせが行われる。

注意:

オブジェクトの頂点数が多いと、次の操作に処理時間がかかる

- ③ Cave Mapper アドオンのメニュー→Alignment から「Refine Alignment」をクリックする。

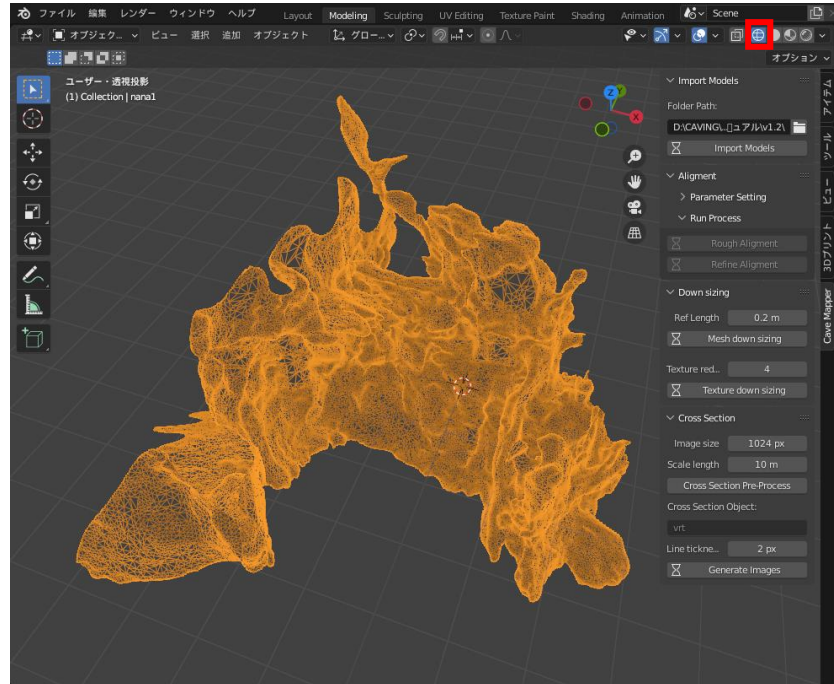


位置合わせの自動微調整を行った状態の例

## 5 データの軽量化

### 5.1 ポリゴンメッシュの削減

- ① Blender のシェーディングモードを「ワイヤーフレーム」に設定する。これにより、メッシュの密度が視覚的に確認できる状態となる。



ポリゴンメッシュ削減前の状におけるワイヤーフレーム表示の例

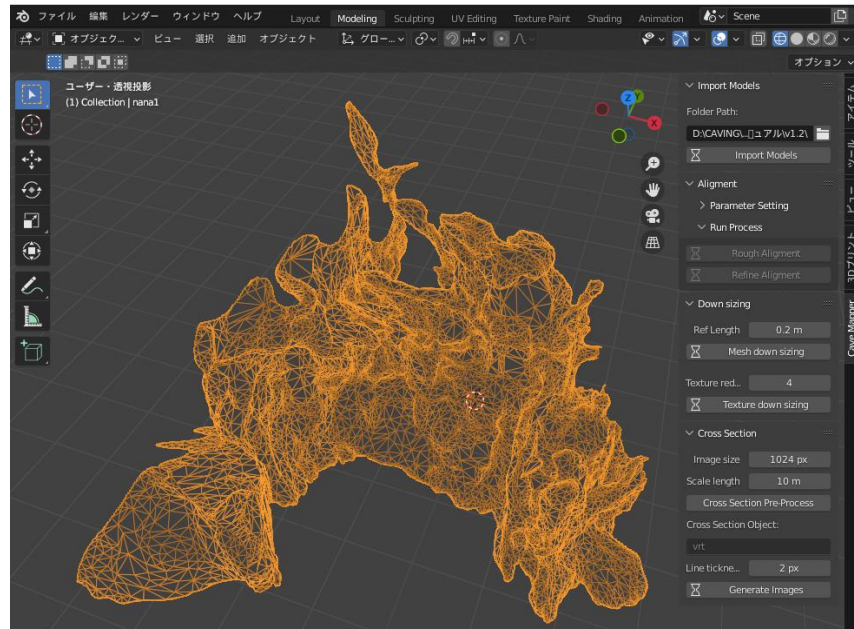
- ② Cave Mapper アドオンのメニュー>Down Sizing を開き、「Ref Length」を設定する。  
これはポリゴンメッシュの削減度合いを決める値である。たとえば「Ref Length」を 0.2m に設定すると、オブジェクトのポリゴンメッシュを構成する辺の長さの平均値がおよそ 0.2m となるようにポリゴンメッシュの削減処理がなされる。
- ③ 処理を行う全てのオブジェクトを選択した状態にする。

**注意：**

オブジェクトの頂点数が多いと、次の操作に処理時間がかかる。

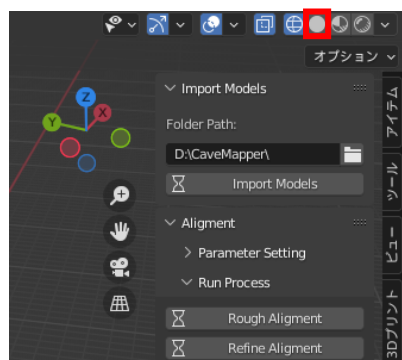
次の操作は元に戻すことができない。操作を行う前に Blender ファイルを保存しバックアップを取っておくとよい。

- ④ Cave Mapper アドオンのメニュー→Down Sizing から、「Mesh Down Sizing」をクリックする
- ⑤ 処理が完了したら、ワイヤーフレーム表示においてオブジェクトのポリゴンメッシュが削減されたことを確認する



オブジェクトのポリゴンメッシュが削減された状態の例

- ⑥ メッシュの削減を確認したら、シェーディングモードを「ソリッド」に戻す



## 5.2 テクスチャ解像度の削減

- ① Cave Mapper アドオンのメニュー→Down Sizing を開き、「Texture reduction」を設定する。

たとえば「Texture reduction」を 4 に設定すると、Blender ファイル中のすべてのテクスチャ画像が、長さ比で 1/4 に縮小される。4096 x 4096pix のテクスチャ画像であれば 1024 x 1024pix となる。

- ② Cave Mapper アドオンのメニュー>Down Sizing から、「Texture Down Sizing」をクリックする
- ③ 処理が完了したら、Blender ファイルの保存をおこなう。このとき、変更したテクスチャ画像サイズを反映するかという旨のメッセージが表示されるので、「はい」を選択する。



## 6 断面図の作成

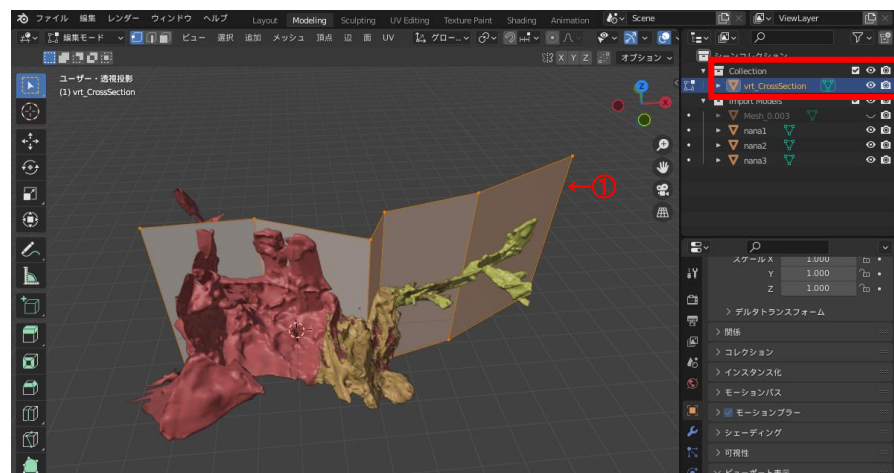
### 6.1 断面オブジェクトの作成

- ① 断面図を作成したい箇所にポリゴンメッシュのオブジェクトを新規に作成する。

注意:

断面オブジェクトに四角形ポリゴンを用いる場合には、全ての頂点が同一平面上に配置されるようにモデリングすること。ねじれた面があると、意図通りの断面図が作成できない恐れがある。

- ② 作成した断面オブジェクトに任意の名前をつける。ここで付けた名前は、最終的に生成される断面画像のファイル名に反映される。  
作成した断面オブジェクトは、GLB/GLTF ファイル読み込み時に作成された「Import Models」以外のシーンコレクション内に置く。

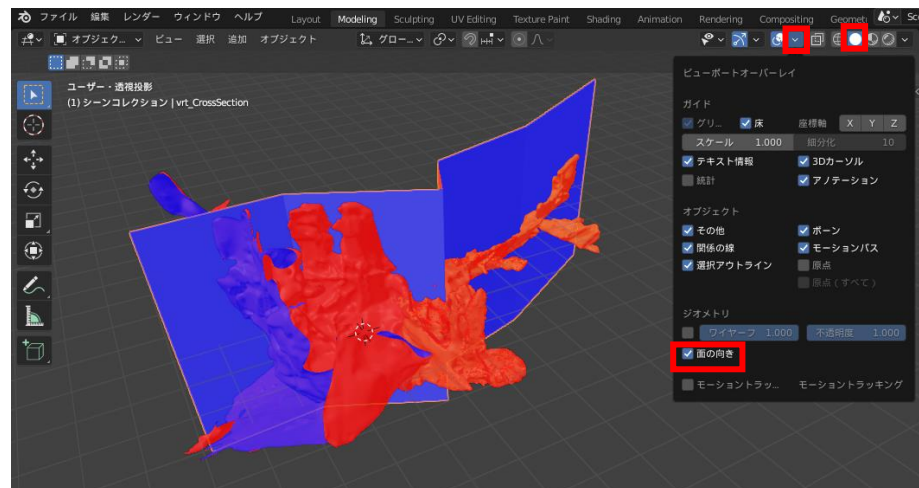


- ③ 「オブジェクトモード」にする
- ④ シェーディングを「ソリッドモード」にした状態で、ビューポートオーバーレイのメニューを開き「面の向き」にチェックを入れる。  
オブジェクトが赤と青に色分けされて表示される。青がポリゴンの「表」、赤がポリゴンの「裏」を表している。

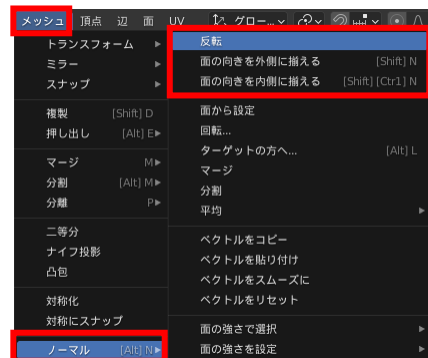


注意:

最終的に生成される断面図は、作成した断面オブジェクトの青色側から赤色側を見た図となる。



- ⑤ ポリゴンの裏表(赤青)の修正を行う場合には、断面オブジェクトを選択した状態で「編集モード」にして任意の面を選択し、「メッシュ>ノーマル」にあるメニューを活用する。



- ⑥ ポリゴンの裏表(赤青)が確定したら、ビューポートオーバーレイの「面の向き」のチェックは外し、通常の表示に戻す。

## 6.2 断面モデルの前処理

- ① Cave Mapper アドオンのメニュー>Cross Section を開き、「Image Size」を設定する。これは、最終的に生成される断面図の画像サイズとなる。

注意:

画像サイズを大きくしすぎると、断面図の生成処理に時間がかかったり、処理がクラッシュして Blender が強制終了したりする。

- ② 「Scale Length」を設定する。これは、最終的に生成される断面図内に表示されるスケールの長さとなる。
- ③ 6.1 項で作成した断面オブジェクトを選択した状態で、「Cross Section Pre-Process」をクリックする。


これにより、自動的に以下の処理がなされる

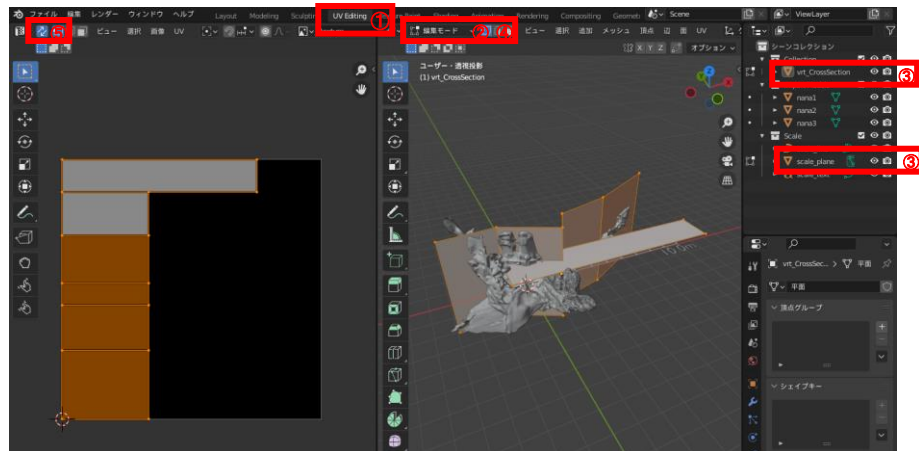
- 断面オブジェクトに、断面図の作成処理に用いられるマテリアル設定がなされる
- 断面オブジェクトの UV 展開がなされる
- 断面図内に表示するスケールのオブジェクトが作成される
- 断面図の作成処理に用いられるコンポジット設定がなされる

注意:


スケールのオブジェクトは原点に作成されるため洞窟オブジェクトと重なって表示されるが、そのまま進めてよい

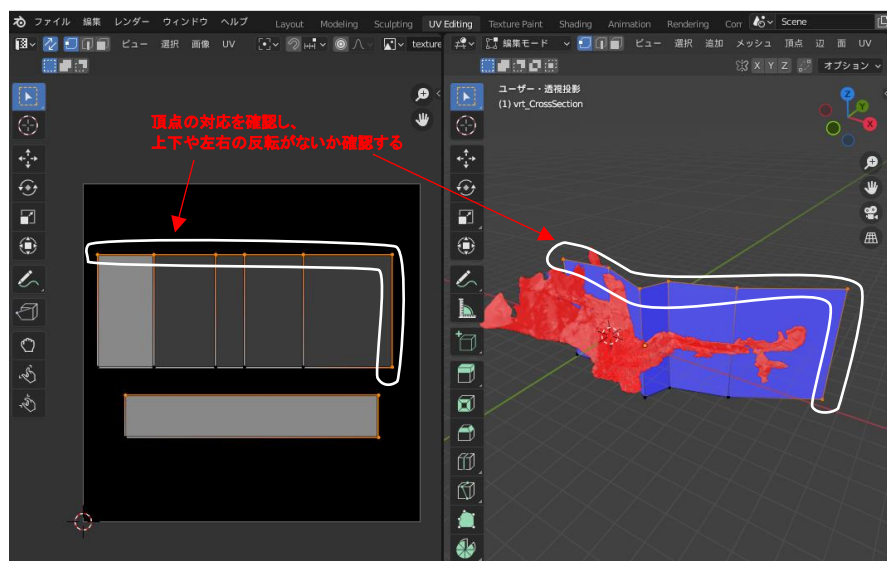
### 6.3 UV マップの配置調整

- ① 「UV Editing」タブを選択する
- ② 「オブジェクトモード」にする
- ③ 6.3 項の操作で自動作成された「Scale Plane」オブジェクトと、断面オブジェクトの 2 つを選択する
- ④ 「編集モード」にする
- ⑤ 画面左側の UV エディターの  ボタンを ON (青塗りの状態) にする




- ⑥ 画面左側の UV エディターにて、断面オブジェクトとスケールの UV 位置を任意に修正する。
- ⑦ 画面右側の 3D ビューポートにて、「オブジェクトモード」に戻してから、ビューポートオーバーレイの「面の向き」にチェックを入れて赤青の表示にする。
- ⑧ 画面右側の 3D ビューポートにて「編集モード」に切り替え、断面オブジェクトの任意の点を選択する。画面左側の UV エディター上で対応する点が選択された状態になるので、これらを見比べて UV の上下や左右が反転していないか確認する。

必要に応じて、各オブジェクトの  アイコンをオフにして画面を見やすくしてよい。



#### 6.4 断面図の生成処理

- ① 「Modeling」タブを選択し、「オブジェクトモード」にする。
- ② シーンコレクションから、シーン内の全てのオブジェクトについて  アイコンを ON にして表示状態にする

**注意:**

次の操作の処理には時間がかかる。また、扱うオブジェクトの頂点数や出力画像のサイズが大きいと、処理がクラッシュして強制終了する場合がある。

次の操作に移る前に Blender ファイルを保存し、バックアップを取っておくと良い

- ③ Cave Mapper アドオンのメニュー>Cross Section から、「Generate Images」をクリックする
- ④ 処理が完了すると、3 項の Folder Path で設定したフォルダ内に断面図画像が保存される。

保存されるファイルは下表の通り。

No	ファイル名
1	断面オブジェクト名_UVtemp
2	断面オブジェクト名_raw_z_shade0001
3	断面オブジェクト名_raw_texture0001
4	断面オブジェクト名_raw_mask0001
5	断面オブジェクト名_outer_z_shade0001
6	断面オブジェクト名_outer_z_shade_frame0001
7	断面オブジェクト名_outer_texture0001
8	断面オブジェクト名_outer_texture_frame0001
9	断面オブジェクト名_inner_z_shade0001
10	断面オブジェクト名_inner_z_shade_frame0001
11	断面オブジェクト名_inner_texture0001
12	断面オブジェクト名_inner_texture_frame0001

ファイル名に関する説明を下表に示す。

符号	説明
Uvtemp	断面のUV境界の枠だけの画像
z_shade	洞窟オブジェクトの凹凸の陰影がついた白黒画像
texture	洞窟内のテクスチャを反映した画像
mask	洞窟の内側面、外側面（母岩側から見た面）を区別するための画像
raw	処理の過程で一次生成される画像
outer	洞窟の内側面、外側面の両方を断面図にした画像
inner	洞窟の内側面のみ断面図にした画像
frame	断面図にUV境界の枠を重ねた画像

以上