

考古遺構と背景天体の可視化ソフトウェア arcAstroVR マニュアル

Ver.0.20

改訂 2024年9月19日

目次

更新履歴.....	2
1 ファイル構成.....	8
1.1 Stellarium アプリ.....	8
1.2 arcAstroVR アプリ.....	8
1.3 arcAstroVR 用データセット.....	8
1.4 クイックスタート.....	9
2 概要.....	11
2.1 動作概要.....	11
2.2 再現精度.....	12
3 インストール及び設定.....	15
3.1 Stellarium の設定.....	15
3.2 推奨表示設定.....	17
3.3 タイムゾーンの設定.....	18
4 データセットの作成.....	19
4.1 データセットファイルの構成.....	19
4.2 より詳細な広域地形・狭域地形データの自作.....	19
4.3 設定ファイル(dataset.txt)の作成.....	20
5 起動.....	24
6 arcAstroVR の操作.....	24
6.1 日時操作.....	24
6.2 移動／表示切り替え操作.....	24
6.3 環境設定.....	27
6.4 トップバー及び情報 Window.....	28
6.5 Skybox モード.....	31
7 HMD (Head Mount Display)	32
7.1 HMD の接続・起動.....	32
7.2 HMD の操作.....	33
8 ドームマスター.....	34
8.1 ドームマスター出力の設定.....	34
9 Stellarium の設定を使った高度な表示.....	35
9.1 星空表示の設定.....	35
9.2 天文計算 Window.....	36
9.3 その他設定.....	36
10 3D 地図ホスティング(Cesium ion).....	37
11 ライセンス.....	38
11.1 Unity 組み込みパッケージ.....	38
12 問い合わせ先.....	39

更新履歴

App	更新日付	更新内容
0.8.1	2021年3月26日	初稿
0.9.1	2021年5月6日	<p>Stellarium 最新状況に伴う記述の修正</p> <ul style="list-style-type: none"> ・「1-1.Stellarium アプリ」の注意事項が不要になったので、記述削除 <p>データファイル形式変更に伴う以下の修正</p> <ul style="list-style-type: none"> ・「2-2-1 地形の精度」「4-1.データセットファイルの構成」「4-2.ベース地形データの作成」の terrain データファイル名を修正 <p>データ管理変更に伴う以下の修正</p> <ul style="list-style-type: none"> ・「3-1.Stellarium の設定」に ArchaeoLines のプラグイン設定、Windows、Linux におけるスクリーンショットの保存先の指定を追加記述 ・「4-3.設定ファイル (dataset.txt) の作成」の記述修正 <p>UI 変更に伴う以下の修正</p> <ul style="list-style-type: none"> ・時間更新ボタンを追加 (1h UP, 1h DOWN, 10min UP, 10min Down) ・視点変更ボタンの変更、カメラ操作の変更 ・考古学補助線 (ArchaeoLines) ボタンの追加 ・「6-1.日時設定」「6-2.移動操作」「6-3.表示切り替え」の記述修正
0.12.1	2021年8月23日	<p>説明書と操作マニュアルを合本</p> <p>Stellarium の設定を変更・追記</p> <ul style="list-style-type: none"> ・「3-2.推奨表示設定」の記述修正 ・「3-3.タイムゾーンの設定」を追記 <p>データファイル形式変更に伴う以下の修正</p> <ul style="list-style-type: none"> ・基準点/マーカー機能を追加 ・基準点/マーカー/Object 等の表示・非表示機能を追加 ・平面直角座標 19 系や UTM 座標系など、複数の座標系基準点に対応 ・所属する基準点原点における、真北方向角の補正に対応 ・3D フォーマットの種類によって x,y,z 軸の方向が異なり、混同しやすいので、dataset における x, y, z 表記を E,N,H 表記に変更 ・3D モデルに時系列管理を追加 ・アバター (Unity 「Humanoid」型モデル) の読込対応 ・マーカーの色指定に対応 ・ディレクトリを含むファイル指定に対応 ・「4-3.設定ファイル (dataset.txt) の作成」の記述修正 <p>UI 変更に伴う以下の修正</p> <ul style="list-style-type: none"> ・カーソル位置の方位・高度表示を追加 ・現在位置の緯度・経度表示機能を追加 ・基準点・マーカーの経度・緯度及び、現在位置 (カメラ位置) からの方位・高度・距離の表示機能を追加 ・Zoom スピードの調整 ・視野角を 60 度以上にズームすると、太陽・月等のフレアを OFF にする機能を追加 ・日時 InputField をボタン対応に ・マーカーの表示 ON/OFF ・情報 Window に 3D オブジェクトの一覧表示を追加 ・情報 Window に表示・非表示のチェックボックス機能を追加 ・情報 Window に基準点・マーカーへの移動機能を追加 (マーカークリックでも可) ・情報 Window に標高表示を追加 ・情報 Window に Copy 機能を追加 (Ctrl+C または Cmd+C でも可) ・情報 Window にカーソルと重なった基準点・マーカーの名称表示を追加 ・情報 Window に、基準点・マーカー・遺構・3D オブジェクトの名称表示を追加 ・情報 Window のスクロール、サイズ可変に対応

		<ul style="list-style-type: none"> ・情報 Window の表示・非表示に対応 ・「6-1.日時設定」「6-3.表示切り替え」「6-4.情報表示」の記述修正 <p>バグの修正</p> <ul style="list-style-type: none"> ・紀元前の日時指定ができないバグを修正 ・キーによる表示変更と、アイコンの状態表示が同期しないバグを修正 ・誤作動を避けるため、ショートカット登録キーから、設定入力時に必要なキーを廃止 ・日付 Input で、秒が 1 桁表示になるバグを修正 ・情報 Window での方位角・高度角計算の起点を、カメラ位置から人間の視位置に修正 ・情報 Window での標高計算の起点を、カメラ位置から人間の足位置に修正 ・Jump や Fly モードから着地すると、1 歩ほど前進するのを修正 ・Fly モードを解除すると、1st 視点から 3rd 視点に強制解除されるのを修正 ・1st 視点の時、自分の体が内側から見える現象を修正 ・視点移動中にカーソルが基準点・マーカーと重なると、移動してしまうバグを修正 <p>その他</p> <ul style="list-style-type: none"> ・3D エンジン unity2019 ベースから unity2021 ベースに移行 ・バージョン表記を追加 ・複数のバグ修正及び最適化 ・「8.ArcAstroVR で使用しているプログラム等一覧」を追記 ・直角座標への 3D モデル配置で、地球楕円体に合わせた配置高・傾き補正を追加 ・歩く速度、走る速度を調整 ・登れる段差の高さを調整 ・トラックパッドや 1 ボタンマウスなどでの動作環境対応のため、視点変更操作は左クリックドラッグに変更 拡大・縮小操作は Ctrl+ホイールに変更 ・「6-2.移動操作」の記述修正 ・複数の最適化
0.13.2	2021 年 11 月 28 日	<p>データファイル形式変更に伴う以下の修正</p> <ul style="list-style-type: none"> ・QGIS 用プラグイン terrain maker for arcAstroVR で出力するデータフォーマットに対応するため、dataset.txt に area の設定を追加。併せて down_area の設定を廃止。 ・3D オブジェクトの回転設定として、dataset[].rot_x, dataset[].rot_y, dataset[].rot_z を追加。併せて dataset[].rotation の設定を廃止。 ・「4-3.設定ファイル (dataset.txt) の作成」の記述修正 <p>その他</p> <ul style="list-style-type: none"> ・アバターの基本身長を 180cm から 160cm に変更。衝突判定は 140cm に変更。 ・Terrain へのテクスチャ貼り付けに対応 ・詳細 Terrain00 (任意の解像度に対応) の追加 ・arcAstroVR 起動後の Stellarium 軌道に対応 ・QGIS 用プラグイン terrain maker for arcAstroVR での地形生成にジオイドモデルが含まれるようになった為、高度表記を標高から楕円体高に変更 ・楕円体高や EN 座標など、1000m を超えると、km 表示 (少数以下 2 桁) に変更
0.14.4	2022 年 3 月 9 日	<p>以下の機能追加</p> <ul style="list-style-type: none"> ・補助線機能。 ・操作画面内でのマーカー・補助線の追加機能 ・操作画面内でのマーカー・補助線・オブジェクトの移動編集機能 ・多言語表示への対応 ・画面の環境光コントロール機能 ・表示座標系の選択機能 ・アバターの垂直上昇機能 ・コンパスマップ機能 ・編集した諸設定の dataset.txt の出力機能 ・ゲームコントローラーに対応

		<ul style="list-style-type: none"> ・ Head Mount Display に対応 <p>データファイル形式変更に伴う以下の修正</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ dataset.txt の仕様を変更。 <p>以下の記述を廃止。</p> <p>area, rp[], dataset[].rp_no, dataset[].rp_meridian, dataset[].rp_E, dataset[].rp_N, dataset[].rp_H, dataset[].rot_x, dataset[].rot_y, dataset[].rot_z</p> <p>以下の記述を追加。</p> <p>mesh, type, center, height, line[], dataset[].origin, dataset[].height, dataset[].rot_E, dataset[].rot_N, dataset[].rot_H</p> <p>地形中心の基準点 rp[0]定義を廃止。中心点は center, height で定義するように変更。</p> <p>その他</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 異なる画面サイズ、解像度へのレイアウト見直し。WXGA (1366×768) の画面以上に対応。
0.15.1	2022年5月22日	<p>以下の機能追加</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ コンパスマップにラベル表示機能を追加 ・ ランゲージ設定に日本語、スペイン語を追加 ・ 環境設定値を保存し、次回開いた時に設定を引き継ぐ機能を追加 <p>バグの修正</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 各種設定ダイアログで設定を行うと、情報ウィンドウがリサイズするバグを修正 ・ コンパスマップ画面でマーカー位置を移動すると、コンパスマップ中心やライン表示がずれていくバグを修正 ・ コンパスマップ画面で LineEdit ダイアログを開くと、該当の補助線が消えるバグを修正 ・ 補助線の指定マーカーが削除されたとき、情報表示が乱れるバグを修正 ・ 補助線の終点マーカーが削除された際に、視点から垂直上空に補助線が表示されるバグを修正 ・ 情報ウィンドウを閉じた状態 (CloseInfo) で環境設定ダイアログ (Setting) を開くと、Cancel できないバグを修正 <p>その他</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ Unity Editor 2021.3.3f1(LTS)に対応 ・ 組込アセット Input System 1.30 に対応 ・ 組込アセット Localization 1.31 に対応 ・ 組込アセット XR Interaction Toolkit 2.02 に対応 ・ 組込アセット 3rd Person Controller + Fly Mode 2.15 に対応 ・ 組込アセット TriLib2 2.16 に対応 ・ 組込アセット JSON Object 2.12 に対応
0.16.1	2022年7月25日	<p>機能追加</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ データセット読み込み時の読み込オブジェクト表示を追加 ・ データセット読み込み時の進行割合表示を追加 ・ ドームマスター形式の出力を追加 ・ arcAstroVR 起動後の HMD への出力切り替え設定を追加 <p>修正</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ データセット読み込みアルゴリズムを変更し、安定性を向上 ・ 補助線の描画アルゴリズムを変更し、補助線の太さ均一を向上 ・ HMD において、遠距離の表示がクリップされる現象を修正 ・ HMD において、アナログスティックが動作しなくなることがある問題を修正 ・ コンパスマップのラベル表示幅が短く、改行することが多い問題を修正 ・ リソース管理を見直し、プログラムサイズを大幅に軽量化 <p>その他</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 新 InputSystem への完全移行

0.17.3	2022年12月22日	<p>機能追加</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ マーカーに固定カメラ機能を追加 ・ 水面オブジェクト機能を追加 ・ 画面内に写っているモデルの著作権情報を表示する機能を追加 ・ HMD用のUIを追加 ・ ゲームパッド用UIを追加 ・ ドームマスター用のUIを追加 ・ ドームマスターの画角、回転、傾斜角、方位固定設定を追加 ・ アバターの身長設定を追加 ・ UIの表示サイズ設定を追加 ・ UIの表示切替機能を追加 ・ 3D Objectのノーマルマップ対応を追加 ・ SkyBox 読込の進捗表示を追加 ・ ObjectEditに3軸Scale設定を追加 <p>修正</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ dataset.txtの文法チェックを強化 ・ SettingのDisplay Outputが多言語対応していなかったのを修正 ・ CopyInfoの出力が多言語対応していなかったのを修正 <p>変更</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ dataset.txtのフォーマットを変更 ・ ゲームパッドの操作ボタンを変更 ・ マウスの視点移動を左マウスドラッグから右マウスドラッグに変更 <p>その他</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 組込アセットTriLib2を2.17aにアップデート（Silicon Macにネイティブ対応）
0.18.4	2023年3月17日	<p>機能追加</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ CesiumのWorldTerrain機能を追加（Cesium for Unity Assetsを使用） ・ 炎オブジェクトを追加（REAL FIRE Assetsを使用） ・ 鏡オブジェクトを追加（Mirrors and reflections for VR Assetsを使用） ・ 現在の星空を保存できるSkyboxモード（F1～F12）を追加 ・ 日時の変更にリアルタイム対応するSkybox擬似回転機能を追加 ・ UIサイズ変更機能を追加 ・ Avatarの高度に応じて、移動速度が増す機能を追加 ・ 視点移動量が、ズーム割合に応じて変化する機能を追加 ・ 水・炎・鏡のオブジェクト指定として、datasetにtype属性を追加 <p>修正</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ Gamepadで、infoviewの表示エリア外の選択をした時の不具合を修正 ・ 移動中にメニューセレクト操作をすると、移動動作が残る不具合を修正 ・ 地形生成完了前にAvatarが発生し、地面の下に永久落下する場所がある不具合を修正 ・ datasetの定義順番がバラバラの場合、エラーを起こす場所がある不具合を修正 ・ datasetで=以降の未記入があるとエラーを起こす場所がある不具合を修正 <p>変更</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ レンダリングをBuilt-in Render PipelineからScriptable Render Pipeline (URP)に変更 ・ レンダリング方式の変更により、Domemaster出力が一時的に不可になりました ・ 水オブジェクト表現をAssetsをURP Waterに変更 ・ トップバー高度の表示を小数点以下2桁までに変更 ・ datasetの水オブジェクト指定を、type属性表記に変更 <p>その他</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ Unity Editorを2021.3.16にアップデート

0.19.5	2023年6月21日	<p>機能追加</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ Cesium ion の Asset ID / TOKEN / URL 設定を追加 (dataset/ setting) ・ ジオイド高設定を追加 (dataset/ setting) ・ 自作地形データの読み込み設定を追加 (dataset) ・ 地形自動補正機能を追加 (dataset) ・ 水オブジェクトに自由形状モデル機能を追加 (dataset) ・ 鏡オブジェクトに自由形状モデル機能を追加 (dataset) ・ 水の波高設定を追加 (setting) ・ マウス/コントローラ等の感度設定を追加 (setting) ・ 火のサイズに光範囲・強度が比例する機能を追加 <p>修正</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ Save の際に、cesium 属性や type 属性、geoid 属性の出力もされる様に修正 ・ 0.18.4 で一時的に使用不可になった Domemaster 出力を修正 ・ CesiumWorldTerrain 使用時に、地平線下からの太陽光投影による影の不具合を修正 ・ CesiumWorldTerrain の地形レベル切り替えの際に、地形の下に落下する場合がある不具合を修正 ・ URP 用 TerrainShader 組み込み不正により、地形への環境光投影が正しくなかった不具合を修正 ・ 視点カメラが壁を突き抜ける不具合を修正 ・ Stellarium の出力ファイル unityData.txt が消失すると動作停止する不具合を修正 ・ Skybox の読み込みが完了しない時の不具合を修正 <p>変更</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ dataset の dataset[] を object[] に変更して用語統一 (旧表記も有効) ・ dataset の mesh を narrow_mesh に変更して用語統一 (旧表記も有効) ・ 従来は透明だったモデル裏面を、面が見えるように変更 (通過は従来通り可) <p>その他</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ Cesium を v0.2→v1.3.1 にアップデート ・ TriLib を v2.1.8→v2.2.0 にアップデート
0.20.3	2024年9月19日	<p>機能追加</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 起動処理ログの表示を追加 ・ 点群データ(.ply)の読み込みを追加 ・ VR にコントローラ表示を追加 ・ VR コントローラのボタン説明表示を追加 ・ VR の 3D 酔いを軽減するトンネリング効果を追加 ・ VR の 3D 酔いを軽減するテレポート移動機能を追加 ・ VR にマーカー移動機能を追加 ・ VR に現在地座標表示と Fly モード表示を追加 <p>修正</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ VR 実行時に PC 画面がブラックスクリーンになる不具合を修正 ・ VR から通常 PC 画面に戻った際に、視点位置がずれる不具合を修正 ・ VR モードでコントローラの接続が失われた際に、再接続時にボタンが押せなくなる不具合を修正 ・ VR モードで、Infoview や Stellarium メニューを表示の際、Fly モードの ON/OFF が出来なくなる不具合を修正 ・ VR モードで、コントローラによる回転ができなくなる可能性がある不具合を修正 ・ 日付パネルの位置移動の不具合を修正 ・ dataset.txt で geoid の設定があると、Maker の Add 機能で、高さ情報に不具合が発生する問題を修正 ・ dataset.txt で object[].origin に 0 を設定するとエラーが出る問題を修正

	<p>変更</p> <ul style="list-style-type: none">・ VR での UI 表示を、視野固定表示から空間固定表示に変更・ VR での UI 解像度を 2 倍に向上・ VR コントローラと GamePad のボタン設定をほぼ同じになるように変更・ Setting で VR モードを選択時、OK を押すまで VR モードに切り替わらないように変更・ Cesium 接続のデフォルトトークンが変更（これに伴い旧バージョンでは Cesium Terrain が表示されなくなります） <p>その他</p> <ul style="list-style-type: none">・ Unity Editor を v21.3.16→v22.3.37 にアップデート・ TriLib を v2.2.0→v2.2.2 にアップデート・ URP Water を v1.1.0→v1.1.2 にアップデート・ Cesium を v1.3.1→v1.7.1 にアップデート・ Localization を v1.4.4→v1.4.5 にアップデート
--	--

1 ファイル構成

arcAstroVR を動作するには2つのアプリと1つのデータセットが必要です。

- Stellarium アプリ
- arcAstroVR アプリ
- arcAstroVR 用データセット

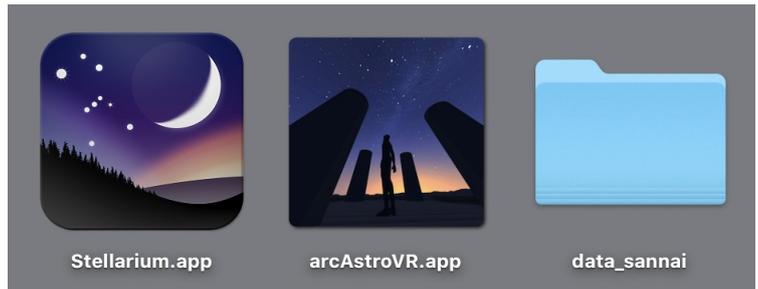


Fig 1 :2 つのアプリとデータセット

1.1 Stellarium アプリ

Stellarium は、Linux、Windows、macOS で動作し GNU General Public License で提供しているプラネタリウムアプリで、無料で入手が可能です。

Stellarium の公式サイト (<http://stellarium.org>) から最新版 (Ver 0.21.0 以降) をダウンロードして入手してください。

Stellarium の動作要件

- OS : Linux/Unix または Windows 7 以上または Mac OS X 10.12.0 以上
- グラフィックス : OpenGL 3.0 と GLSL 1.3 または OpenGL ES 2.0 の動作
- メモリ要領 : 512 MB 以上
- ディスク要領 : 420 MB 以上

1.2 arcAstroVR アプリ

arcAstroVR WEB の Application Download ページ (<https://arcastrovr.org/download.html?id=app>) からダウンロードできます。arcAstroVR アプリは OS 別に用意されており、以下の実行ファイルから起動してください。

- Windows 用 : arcAstroVR-Win-0.20.1/arcAstroVR.exe
- Mac 用 : arcAstroVR-Mac-0.20.1/arcAstroVR.app

1.3 arcAstroVR 用データセット

arcAstroVR は VR データを表示する再生プレイヤーに相当します。そのため、動作には土地の起伏データや建造物の 3D モデルデータ、及び設定情報を含む arcAstroVR 用データセットが必要です。このデータセットは各自用意する必要があります。データセットの作成については、「4.データセットの作成」を参照してください。

サンプルとして公開されているデータセットは、arcAstroVR WEB の Dataset Download ページ (<https://arcastrovr.org/download.html?id=dataset>) からダウンロードできます。様々なモデルの動作確認をしたい場合などにご利用ください。

1.4 クイックスタート

1.4.1 Stellarium の設定

Stellarium を起動し、以下の設定を行います。

1. 星空画像 (Skybox) 転送機能の設定
「設定画面 (Config) [F2]>スクリプト (Scripts) >skybox.ssc」
 - ・スクリプトの実行時にウィンドウを閉じる (Close window when script runs) : ON
2. 星空画像 (Skybox) 転送先の設定
「設定画面 (Config) [F2]>ツール (Tool) >Screenshot」
 - ・保存先: 各 OS における Stellarium 設定ファイルの保存場所のパス^{※1}

※1: Win の場合は、C:/Users/<USERNAME>/AppData/Roaming/Stellarium を指定してください。
Mac の場合は、/Users/<USERNAME>/Library/Application Support/Stellarium を指定してください。
なお、<USERNAME>はパソコンに登録したユーザー名です。ユーザー名が iwashiro の場合は、
C:/Users/iwashiro/AppData/Roaming/Stellarium (Windows の場合)
/Users/iwashiro/Library/Application Support/Stellarium (Mac の場合)
という表記になります。

 - ・フォーマット: png
3. arcAstroVR との通信設定
「設定画面 (Config) [F2]>プラグイン (Plugins) >リモートコントロール (Remote Control)」
 - ・起動時に実行 (Load at startup) : ON
 - ・サーバーが利用可能 (Server enabled) : ON
 - ・起動時に自動的に有効にする (Enable automatically at startup) : ON
 - ・ポート番号 (port) : 8090
4. 上記設定の保存
「設定画面 (Config) [F2]>メイン (Main) >設定を保存 (Save settings)」

※最低限必要なのは上記の設定ですが、詳しい設定手順や他の設定等については、「3.1 Stellarium の設定」を参照してください。

1.4.2 dataset の用意

dataset に最低限必要なのは、現在地の座標情報と地形データです。

次の3行を記載したテキストファイルを用意してください (添付の dataset_sample.txt でも可)。

```
type = WGS84
center = 138.727220,35.360833,3800
cesium_terrain_ID/URL = 1
```

※type は座標形式の指定で、経緯度方式には WGS84 を指定します。

※center は中心座標の指定で、経度、緯度、高さの順で指定します。

※cesium_terrain_ID/URL は、1 を指定すると Cesium ion が公開している地形を利用できます。

※その他の詳しい dataset 指定については「4.3 設定ファイル (dataset.txt) の作成」を参照してください。

1.4.3 起動

1. Stellarium を起動します。
2. arcAstroVR を起動します。
3. 上記で作成した dataset ファイルを読み込みます。
4. arcAstroVR のシミュレーションが始まります。

上記の dataset の座標の場合、再現されるのは富士山山頂になります。

※操作方法については「6. arcAstroVR の操作」を参照してください。

※dataset の読み込みでエラーが表示される場合は、大文字小文字が間違っていないか、全角表記になっていないかをご確認ください。

※arcAstroVR をフルスクリーンにしたり、Stellarium を非表示にしまうと、arcAstroVR と Stellarium 間の通信がうまくいかないことがあります。そのときは、画面に Stellarium の一部が見えるように配置してみてください。

2 概要

arcAstroVR は、3D エンジンに Unity を用い、データセットから Terrain データ（地形）・3D Object データ（遺構等）を読み込み、Stellarium から Skybox テクスチャ（天空）を取り込んで表示する VR プログラムです。

2.1 動作概要

arcAstroVR はプラネタリウムアプリの Stellarium と連携して動作します。そのため、両アプリを同時に動作させる必要があります。arcAstroVR は土地や建造物などの空間表示、移動動作、及び全体制御を担当し、Stellarium は天体の計算・表示を担当します。

arcAstroVR と Stellarium との連携については Georg Zotti 氏らが作成した以下の Stellarium 用の通信プラグイン、出力スクリプト、Unity 用の連携アセットを使用しています。なお、arcAstroVR は VR エンジン Unity を使用して作成されています。

Stellarium : Remote Control (Plugin)

- Authors: Florian Schaukowitsch, Georg Zotti
- License: GNU GPLv2 or later

※This plugin was created in the 2015 campaign of the ESA Summer of Code in Space programme.

Stellarium : Skybox Tiles (Script)

- Author: Georg Zotti
- License: Public Domain

Unity:Stellarim - Unity (Unity 用アセット <https://unitylist.com/p/11ul/stellarium-Unity>)

- Author: Georg Zotti, John Fillwalk, David Rodriguez, Neil Zehr
- License: GNU General Public License v3.0

※This is a collaboration between Georg Zotti (LBI ArchPro Vienna) and John Fillwalk, David Rodriguez and Neil Zehr (IDIA Lab, Ball State University) suggested by Bernard Frischer (Indiana University).

arcAstroVR と Stellarium の連携は、以下のように行われます。

1. arcAstroVR から Stellarium の RemoteControl プラグインに、要求を送信。
2. Stellarium の Skybox スクリプトが、6 タイルの全球画像を出力
3. Stellarium は RemoteControl プラグインを通じて arcAstroVR に update を通知
4. 6 タイルの全球画像出力を Unity が自動検知し、Unity に全球画像を読み込み、天球に反映させることで、画像合成をする

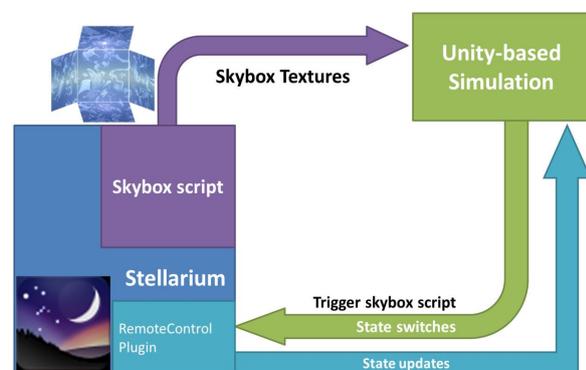


Fig 2 :arcAstroVR (Unity プログラム)とStellarium の連携図
Serious Gaming for Virtual Archaeoastronomy
(<https://doi.org/10.14434/sdh.v4i1.31041>)より連携図引用

2.2 再現精度

2.2.1 地形の精度

arcAstroVR の地形には、標高画像データをもとにした Terrain 地形データと、3D モデルで作成された 3D 地形データを使用することができます。

Terrain 地形データには、インターネットを介して自動読み込みされる Cesium World Terrain データ、及び、国や自治体等で公表している標高画像データから自作した広域用 Terrain データ、狭域用 Terrain データなどが使用できます。

Cesium World Terrain は、アメリカの Cesium GS, Inc.が提供するタイル形式の 3D 地図データから作成される地形で、指定された座標の Terrain 地形データをインターネットから読み込み VR 空間に球体地球を構築します。メリットとしては、Terrain データを自作しなくても良い点です。デメリットとしては、インターネットが使える環境でないと動作しない点です。また、Cesium GS, Inc.が提供する 3D 地図の精度 (30m メッシュ程度) にもバラツキがあります。また、光学補正 (等価地球判型補正) がないため、空気の屈折効果による視界の拡張がありません (後述)。

一方、広域用 Terrain データ、狭域用 Terrain データは、GIS ソフトウェア「QGIS」用のプラグイン「terrain4aAVR」で作成する地形データです。このプラグインは、arcAstroVR WEB の Plugin Download ページ (<https://arcastrovr.org/download.html?id=plugin>) からダウンロードできます。Terrain データ自作のメリットは、Cesium World Terrain がカバーしきれていないエリアも扱えること、インターネット環境がなくても動作すること、Cesium World Terrain よりも詳細精度の Terrain 地形が使えることです。広域用 Terrain データは 24m メッシュ固定の制限があり、Cesium World Terrain と精度はほぼ同じですが、狭域用 Terrain データは 0.1~10m メッシュの解像度に対応できます。また、光学補正 (等価地球判型補正) による視界の拡張にも対応します。デメリットとしては、GIS の操作に精通していること、GIS 用のデータを自身で調達しなければならないことが挙げられます。

広域用 Terrain データは 9 タイル (3 行 3 列) に分割した陰影起伏データ (raw 形式の 16bit グレー画像ファイル) を使用して VR 空間を形成しています。1 タイルは 100×100km の範囲まで展開できるため※Unity の仕様限界、全体では 300×300km の地形を形成することになります。また 1 タイルには最大 4096×4096px の陰影起伏データを設定できるため※Unity の仕様限界、広域用 Terrain データでは 100km ÷ 4096 = 24m の水平解像度まで持つことができます。また、高さ方向では -1000m ~ 9000m までを 16bit (65536) で表現しているため、10000m ÷ 65536 = 15.26cm の垂直解像度、まで持つことができます。

広域用 Terrain データは、データセットの terrain フォルダに terrain11.raw~terrain33.raw のファイル名で格納されています。これらの広域地形用ファイルは、Fig 3 のように配置されます。

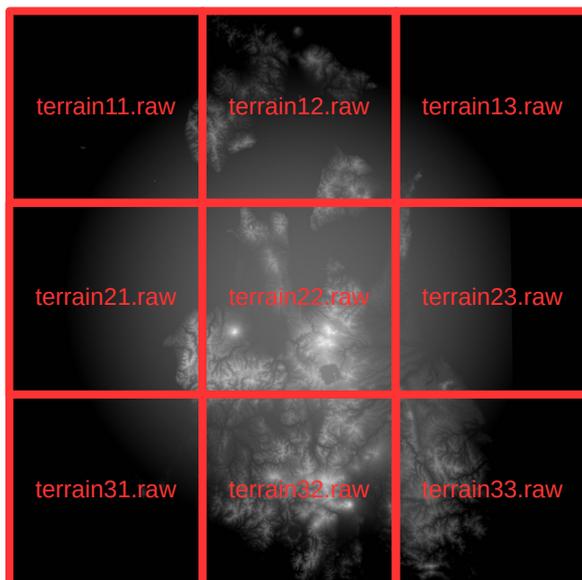


Fig 3: 広域地形ファイルの配置

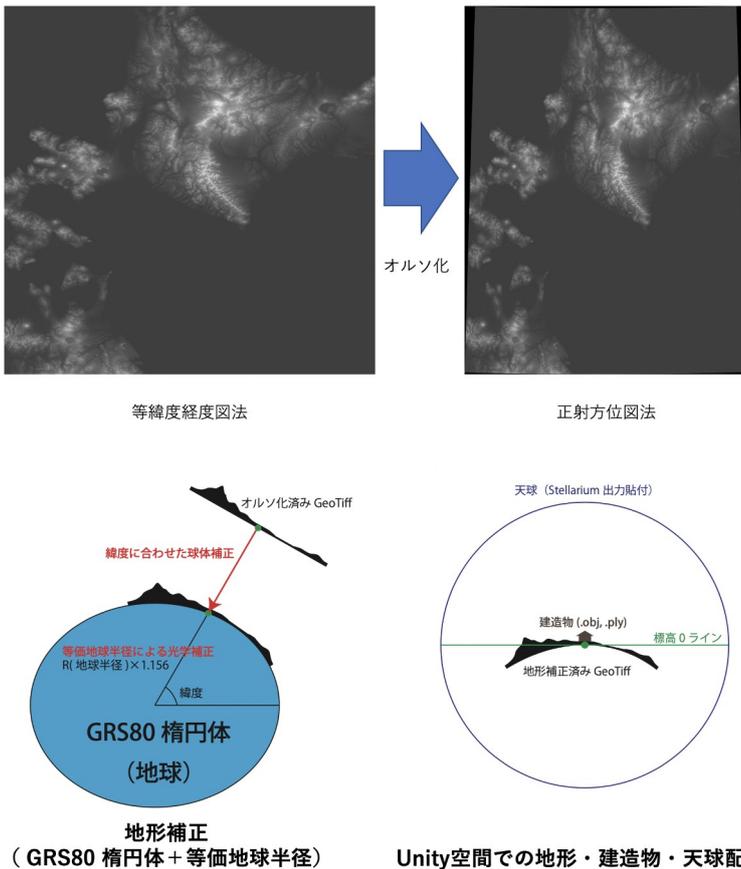


Fig 4: オルソ化、球体補正・光学補正(地形補正)

標は、WGS84 (緯度経度) または平面直角座標系 (19系) または UTM 座標系で指定が可能です。QGIS で地形を作る際にも、上記の中心座標を指定して作成します。設定の詳細については「4-3.設定ファイル (dataset.txt) の作成」を参照してください。

2.2.2 天体の精度

Stellarium では太陽系天体の計算に標準で VSOP87/ELP2000-82B、拡張でより高精度な DE430、DE431 に対応しています。

VSOP87 は水星、金星、月-地球系の重心について西暦 2000 の前後 4000 年にわたって誤差が 1" 以内の精度を保証しています。同じ精度が木星と土星については前後 2000 年、天王星と海王星については前後 6000 年にわたって保証しています。

DE430、DE431 は NASA の機関である JPL(Jet Propulsion Laboratory) が惑星探査用に編纂・発行して

いる月・惑星の暦です。DE430 は 1549 年 12 月 21 日 (ユリウス日: 2287184.5) ~ 2650 年 1 月 25 日 (ユリウス日 2688976.5) に対応しています。DE431 は -13200 年 8 月 15 日 (ユリウス日: -0.3100015.5) ~ 17191 年 3 月 15 日 (ユリウス日: 8000016.5) に対応しています。

広域地形用のデータは、あらかじめオルソ化、球体補正、光学補正 (等価地球判型補正) を行ってある必要があります (Fig 4)。

解像度と範囲が固定の広域地形とは別に、任意の解像度で範囲が可変の狭域地形を持つことができます。ただし、持つことができる狭域地形は、4096 × 4096px サイズの 1 タイル分のみです。1px の解像度を任意 (0.1~10m) に指定することができ、1px が 5m 解像度であれば 4096 × 5m = 20480m の範囲を持つ狭域地形になります。

arcAstroVR では、これらの terrain データ地形に、3D 地形 (トンネルなど標高データでは表現できない地形なども含む) や遺構などの 3D モデルを重ねて、VR 空間に再現しています (Fig.5)。各 terrain データ地形は中心座標で重ね合わせられ、その中心座標は、dataset.txt の center で指定する座標に規定されます。座

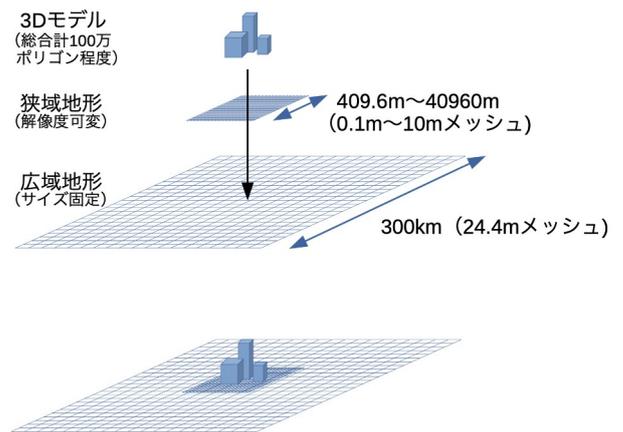


Fig 5: 広域地形・狭域地形・3D モデルの重ね合わせ

なお、arcAstroVR 上での表現精度は VSOP87 の計算精度以下であるため、DE430 や DE431 をあえて組み込む必要はありません (2-2-3 で後述)。

2.2.3 光と影の精度

arcAstroVR では、Stellarium で計算された太陽や月、金星の方位高度から平行光源 (Directional Light) を用いて影を表示しています。そのため光と影の精度は、Stellarium の計算角度精度と Unity の光源設定角度精度に依存します。

Stellarium で VSOP87 を使用している場合、金星、地球、月の計算角度精度は西暦 2000 の前後 4000 年にわたって誤差が 1" (0.00028 度) 以内の角度精度を保証されています。

一方、arcAstroVR の平行光源設定では、0.001 度の角度精度があります※Unity アセット : Stellarium - Unity の仕様。平行光源設定の精度は VSOP87 の計算角度精度よりも低いことがわかるため、光と影の角度精度は arcAstroVR の平行光源角度精度に依存することになります。

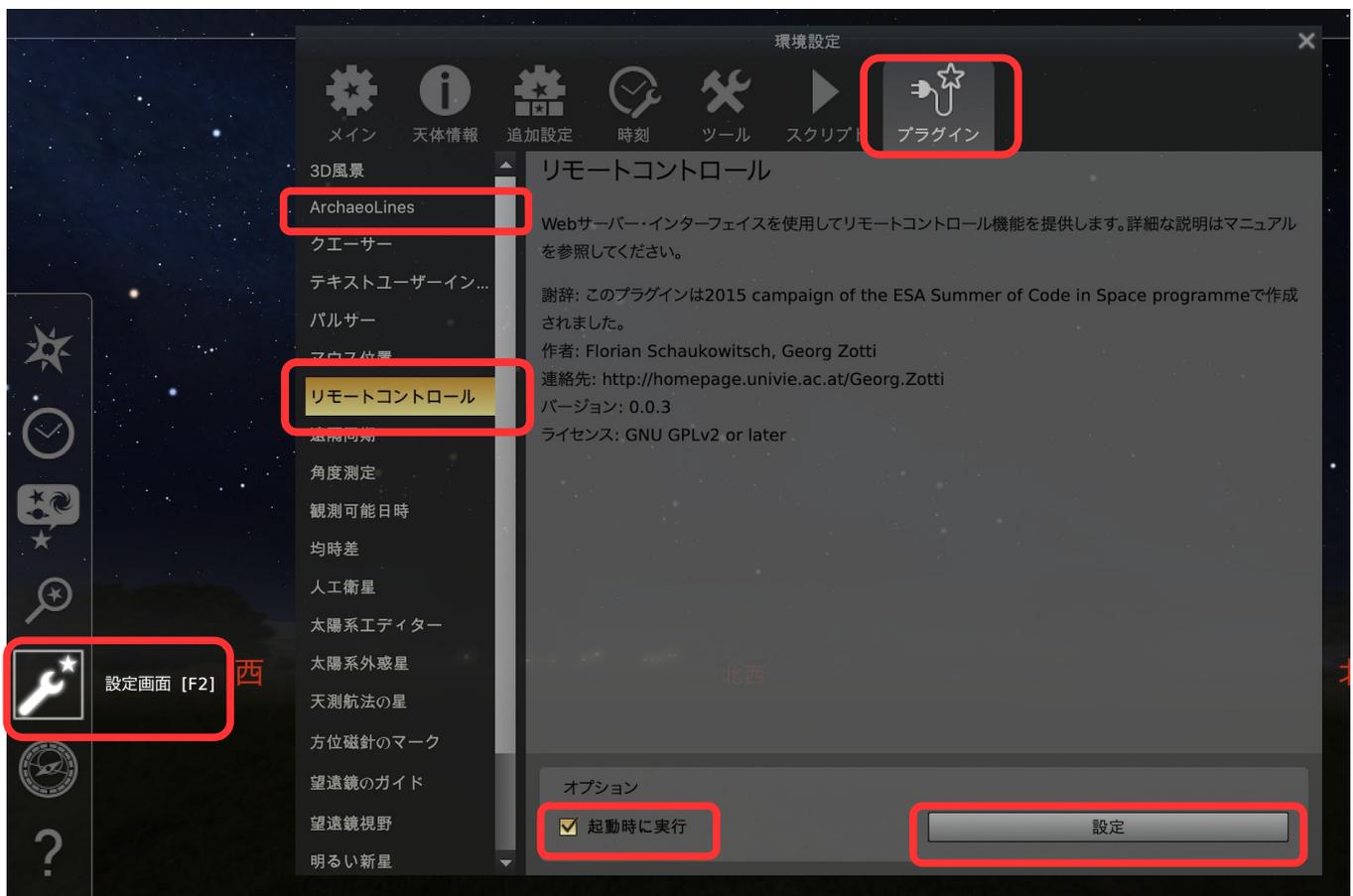
日周運動における天球の回転は 1 秒間に 15 秒角 (0.004 度) ですので、arcAstroVR の平行光源角度精度 (0.001 度) 上では、0.25 秒ほどの時間分解能で光と影がシミュレートされていることになります。

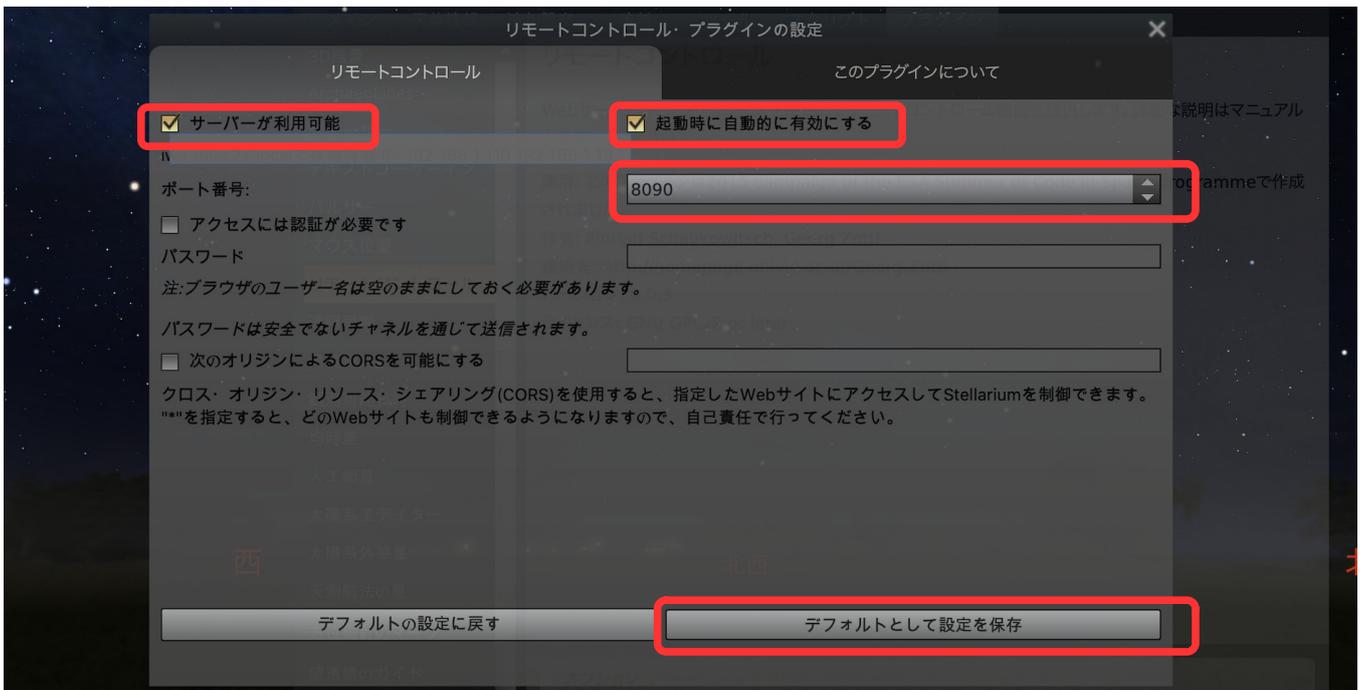
3 インストール及び設定

3.1 Stellarium の設定

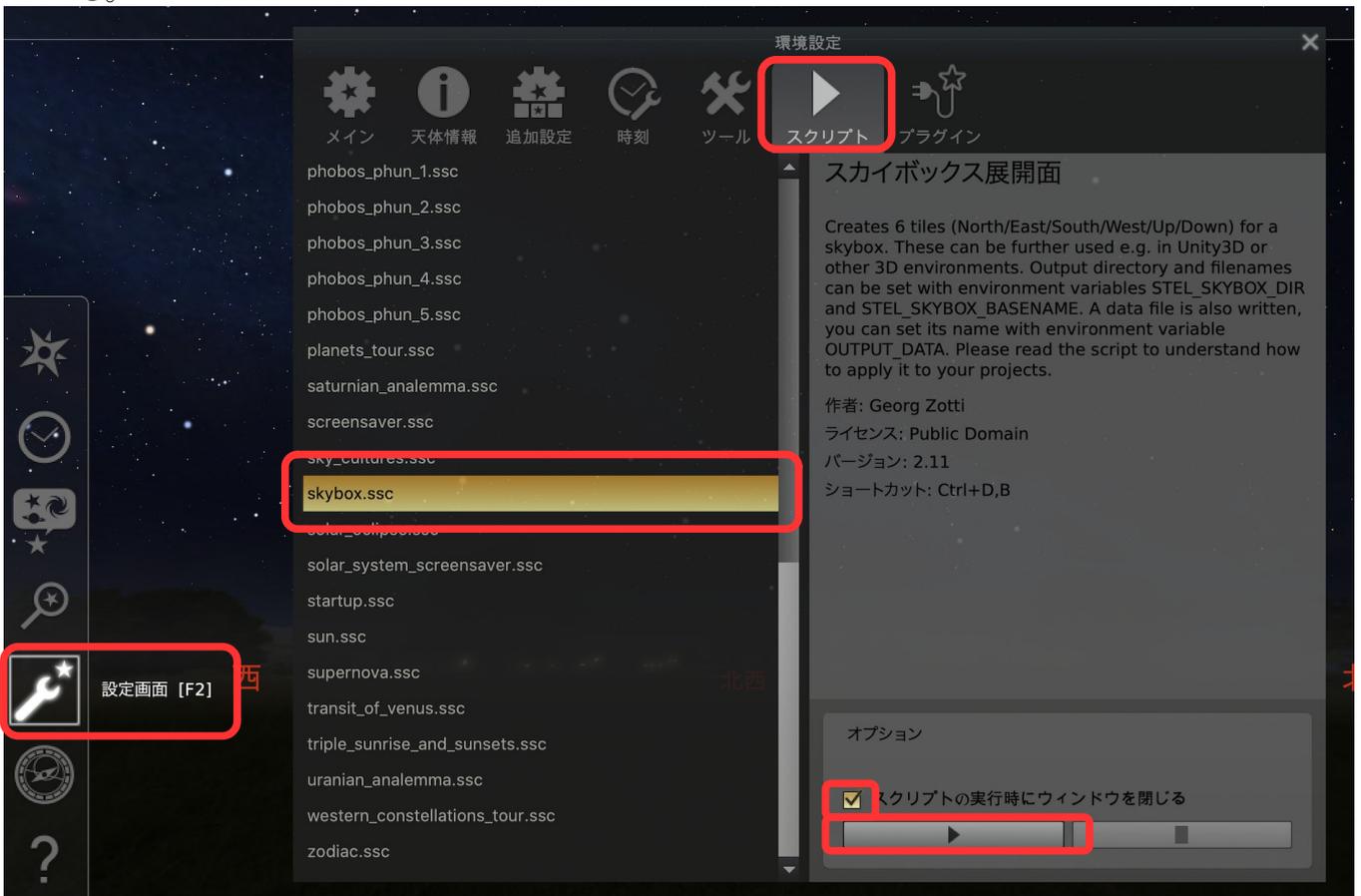
Stellarium 公式サイト (<http://stellarium.org>) から最新版をインストールした後、起動して以下の設定を行います。

- 1 設定画面 (Config) [F2] > プラグイン (Plugins) > リモートコントロール (Remote Control) を開き、「起動時に実行 (Load at startup)」をチェック
- 2 設定画面 (Config) [F2] > プラグイン (Plugins) > ArchaeoLines を開き、「起動時に実行 (Load at startup)」をチェック
- 3 Stellarium を再起動
- 4 設定画面 (Config) [F2] > プラグイン (Plugins) > リモートコントロール (Remote Control) を開き、「configure」ボタンをクリック





- 5 「サーバーが利用可能 (Server enabled)」と「起動時に自動的に有効にする (Enable automatically at startup)」にチェック
- 6 「ポート番号 (port)」に 8090 を設定
- 7 「デフォルトとして設定を保存 (Save settings as default)」のボタンをクリックして、設定画面を閉じる。



- 8 設定画面 (Config) [F2] > スクリプト (Scripts) > skybox.ssc を開き、「スクリプトの実行時にウィンドウを閉じる (Close window when script runs)」にチェックし、「▶ (script 実行)」ボタンを押す。



- 9 Config [F2] > Tool > Screenshot を開き、以下を設定
 保存先: 各 OS における Stellarium 設定ファイルの保存場所のパス※¹
 フォーマット: png
 サイズ変更 (チェックオン): 960×910

※¹: Win の場合は、C:/Users/<USERNAME>/AppData/Roaming/Stellarium/ を指定してください。
 Mac の場合は、/Users/<USERNAME>/Library/Application Support/Stellarium/ を指定してください。
 なお、<USERNAME> はパソコンに登録したユーザー名です。

3.2 推奨表示設定

光害の少ない人が見える最高条件の空を再現したい場合は、表示設定 [F4] で以下の設定値にすることを勧めます。



空タブ

- 天の川の明るさ/彩度 ON 1.50/1.00
- 大気 ON
- ※日食時の空の明暗をより詳細にシミュレートしたい場合は、Atomosphere Settingを開き、Choose model : ShowMySky、Eclipse simulation quality : 2に設定してください。
- 光害 手動インストール : Bortle Class 1 (バーの一番左側)
- 星宿 ON
- 絶対尺度 1.50
- 相対尺度 1.00
- またたき OFF
- 等級の制限 ON : 8.00

太陽系天体タブ

- 太陽系天体 ON
- 月のハロを表示 OFF
- Show Sun's Glare OFF



3.3 タイムゾーンの設定

Stellarium デフォルト設定では、1848年以前の年(時間帯導入以前)を指定すると、地方平均太陽時または地方真太陽時のタイムゾーンが自動的に設定されるため、arcAstroVRのタイムゾーン設定とズれる場合があります。その際は、arcAstroVRのdataset.txtのタイムゾーンを地方平均太陽時または地方真太陽時に合わせるか、Stellariumのタイムゾーンをdataset.txtのタイムゾーンに合わせてください。

Stellariumのタイムゾーンを変更するには、現在位置[F6]を開き、

- タイムゾーンをカスタマイズ ON



にしてから、「タイムゾーン」のプルダウンから目的のタイムゾーンを選択します。

4 データセットの作成

4.1 データセットファイルの構成

データセットは、次の3つで構成されます。

- dataset.txt：データセットの設定ファイル **(必須)**
- object フォルダ：3D オブジェクトの格納
遺跡などの 3D モデルや近接の陰影標高ファイルなどは、このフォルダに格納します。
3D モデルを使用しない場合は、このフォルダは不要です。
- terrain フォルダ：地形データの格納
広域地形には terrain11.raw～terrain33.raw の 9 ファイルが必要です。
狭域地形には terrain00.raw の 1 ファイルが必要です。
インターネットから読み込む Cesium World Terrain の地形データのみを扱う場合は、このフォルダは不要です。



4.2 より詳細な広域地形・狭域地形データの自作

Cesium World Terrain がカバーしていないエリアや、より詳細な地形を扱いたい時は、広域地形と狭域地形の2種類の自作地形を使用することができます。

広域地形は 300×300km の広域をカバーする 24m メッシュの陰影標高データファイルです。

狭域地形はメッシュ解像度*4096 (5m メッシュであれば 20480*20480m) の範囲をカバーする任意のメッシュ解像度の陰影標高データファイルです。

QGIS 用プラグイン「terrain4aAVR」を使用して arcAstroVR 用の地形データを作成できます。QGIS 及び terrain4aAVR のインストール・使用方法については、別紙「terrain4aAVR_Manual.pdf」を参照ください。

QGIS 用プラグイン「terrain4aAVR」で生成した地形ファイル terrain00.raw～terrain33.raw、terrain00.jpg～terrain33.jpg は、データセットの terrain フォルダに入れてください。

4.3 設定ファイル(dataset.txt)の作成

dataset.txt にはデータの基本情報や設置情報を記載します (注: ver0.19 よりフォーマットが変更になりました)。以下に各設定項目について記載します。

基本情報項目

※「属性名=値」のフォーマットで記述します。

属性名	値	備考
location	"タイトル名" 初期値: 未指定	英語表記のみ(Stellarium側が英語しか受け付けられないため) 例: location = "Yoshinogari"
country	"国名" 初期値: 未指定	英語表記のみ(Stellarium側が英語しか受け付けられないため) 例: country = "Japan"
timezone	±時:分 初期値: +00:00	タイムゾーン設定 (-12:00~+13:00) 例: timezone = +09:00
date	年/月/日 初期値: 1/1/1	スタート時の日付 例: date = 216/12/12
time	時:分:秒 初期値: 01:01:01	スタート時の時刻 例: time = 16:00:00
narrow_mesh	メッシュ解像度 初期値: 未指定	狭域地形のメッシュ解像度 (m)。QGIS用プラグイン terrain4aAVR で指定した数値を入力します。 例: narrow_mesh = 5
type	座標系記号 (必須) 初期値: 未指定	経緯度表記 の場合: WGS84 日本平面直角座標 19 系 の場合: JPR01~19 (2桁の数値はゾーン番号) UTM座標系 の場合: UTM01~60 (2桁の数値はゾーン番号) 例: type = JPR05
center	東座標, 北座標, 楕円体高 (必須) 初期値: 未指定	地形中心地点の座標を指定します。 WGS84 であれば経度(°), 緯度(°), 楕円体高(m) JP**であれば指定したゾーン番号**の Y 座標(m), X 座標(m), 楕円体高(m) UTM**であれば指定したゾーン番号**の E 座標(m), N 座標(m), 楕円体高(m) 例: center = 130.386319, 33.326944, 56
avatar	ファイル名 初期値: 未指定	object フォルダに保存したアバターファイル名 (拡張子付き) を指定します。 例: avatar = arex.fbz
avatar_height	数値 初期値: 176	アバター身長 (cm) 例: avatar_height = 140
geoid	数値 初期値: 0	地形データが楕円体高で、3D Objectが標高データの場合、ジオイド高を指定します。通常、楕円体高 = 標高 + ジオイド高の関係が成立します。 例: geoid = 63.3
cesium_terrain_ID/URL	文字列 初期値: 未指定	地形データの Cesium ion ID もしくは、3DTiles データの URL を設定します。 例 (Cesium World Terrain): cesium_terrain_ID/URL = 1 例 (Project Platue: 国土地理院): cesium_terrain_ID/URL = 770371
cesium_terrain_TOKEN	文字列 初期値: 未指定	Cesium ion ID の地形データに TOKEN が設定されている場合は、TOKEN を記載します。 例 (Project Platue/国土地理院): cesium_terrain_TOKEN = eyJhbGciOiJIUzI1NiIsInR5cCI6IkpXVCJ9.eyJqdGkiOiI5N2UyMjcwOS00MDY1LTQxYjEtYjZjMy00YTU0ZTg5MmViYWQlLCJpZCI6ODAzMDYsIm1hdCI6MTY0Mjc0ODI2Mj00LmVudCjUUV7NA7fDbhXnmyZQU_c-G5zRx8PtEcxE
cesium_build_ID/URL	文字列 初期値: 未指定	建物データの Cesium ion ID もしくは、3DTiles データの URL を設定します。 例 (OpenStreetMap): cesium_build_ID/URL = 96188 例 (Project Platue: 松本市): cesium_build_ID/URL = https://plateau.geospatial.jp/main/data/3d-tiles/bldg/20202_matsumoto/notexture/tileset.json
cesium_build_TOKEN	文字列 初期値: 未指定	Cesium ion ID の地形データに TOKEN が設定されている場合は、TOKEN を記載します。 例: cesium_build_TOKEN = sInR5cCI6IkpXVCJ9.eyJqdGkiOiI5N2UyMjcwOS00
raw_terrain	真偽値 初期値: True	自作地形データ (raw ファイル) の読み込みを設定します。Cesium の 3D Tiles 地形のみ使用し、自作地形データを重ねたくない場合は、False を指定して Terrain raw ファイルの読み込みを停止させます。 例: raw_terrain = False

copyright	"広域クレジット", "狭域クレジット" 初期値：未指定	自作地形データに使用しているクレジットの設定。該当の地形が表示されると、クレジットも表示されます。広域地形だけを指定することもできます。 例：copyright = "Jaxa ALOS(30m mesh DTM)/Google Earth(Photo)", "GSI(5m mesh DTM)/Google Earth(Photo)"
-----------	------------------------------------	---

マーカー情報項目 (maker[])

※「maker[].属性名=値」のフォーマットで記述します。

※[]内には1から順番にマーカー ID 番号を入れていきます。登録できるマーカー数に制限はありません。

属性名	値	備考
name	"マーカー名" 初期値：未指定	日本語表記可 例：marker[1].name = "北内郭中心"
origin	東座標, 北座標, 楕円 体高 (必須) 初期値：未指定	基本情報項目の type 設定が WGS84 の場合は座標単位は度、JP や UTM の場合は座標単位は m になります。楕円体高は全て m です。 例：marker[1].origin = 130.386319, 33.326944, 60
cam_rotation	方位角, 迎角, 回 転角 初期値：0, 0, 0	固定カメラ回転を度単位で指定します。 省略指定も可能で、1要素記載の場合は方位角の回転のみになります。2要素記載の場合は、方位角、迎角の回転を行います。 例：marker[1].cam_rotation = 0.4, 0, 0
cam_fov	画角 初期値：60	固定カメラ画角を度単位で指定します。 例：marker[1].cam_fov = 60.4
color	16進カラー値 初期値：#ffa500	#から始まる16進6桁のカラー値を指定します。 例：marker[1].color = #ffa500
visible	真偽値 初期値：True	表示する場合は True、非表示の場合は False を指定します。 例：marker[1].visible = True

補助線情報項目 (line[])

※「line[].属性名=値」のフォーマットで記述します。

※[]内には1から順番に補助線 ID 番号を入れていきます。登録できる補助線数に制限はありません。

属性名	値	備考
name	"補助線名" 初期値：未指定	日本語表記可 例：line[1].name = "楕軸線"
marker	始点マーカー番号, 終点マーカー番号 (必須) 初期値：未指定	始点マーカーと終点マーカーの間に線分が引かれます。 終点マーカー番号が未指定の場合は、始点マーカーから angle に指定した方位に線が引かれます 例：line[1].marker = 1,
angle	方位 初期値：0	始点マーカーから伸びる補助線の方位を度単位で指定します。", "区切りで複数表記できます。 例：line[1].angle = 55.8, 235.8
color	16進カラー値 初期値：#00ff00	#から始まる16進6桁のカラー値を指定します。 例：line[1].color = #00ff00
visible	真偽値 初期値：True	表示する場合は True、非表示の場合は False を指定します。 例：line[1].visible = True

オブジェクト情報項目 (object[])

※「object[].属性名=値」のフォーマットで記述します。

※[]内には1から順番にオブジェクトID番号を入れていきます。登録できるオブジェクト数に制限はありません。

属性名	値	備考
name	"オブジェクト名" 初期値：未指定	日本語表記可 例：object[1].name = "檜"
type	type名 初期値：normal	通常オブジェクト(normal)、水面(water)、炎(fire)、鏡(mirror)のタイプを指定します。未指定の場合はnormalが設定されます。 例：object[1].type = fire
file	ファイル名 初期値：未指定	type属性がnormalの場合はobjectフォルダに保存した3Dデータのファイル名(拡張子付き)を指定します。 type属性がwaterの場合は、1を指定すると1m*1m*10cmの正方形の水が設置されます。2を指定すると円形の水が設置されます。3Dデータのファイル名を指定すると、その形状の水を設置します(ただし、形状に関わらず水面反射方向は無回転設置時の上(Unity Y軸)方向に固定ですのでご注意ください)。未指定の場合は1タイプの水面になります。 type属性がfireの場合は、1~5のタイプ別の炎が設置されます。未指定の場合は1タイプの炎になります。 type属性がmirrorの場合は、1を指定すると1m*1m*1cmの正方形の鏡が設置されます。2を指定すると円形の鏡が設置されます。3Dデータのファイル名を指定すると、その形状の鏡を設置します(ただし、形状に関わらず反射方向は無回転設置時の南(Unity -Z軸)方向に固定ですのでご注意ください。モデルの鏡面はあらかじめ-Z軸方向を向くように作成し、rotation指定で鏡面の向きを変えてください)。未指定の場合は1タイプの鏡になります。 水面や炎、鏡のサイズの変更はscale属性を使って行います。 例：object[1].file = sannai_build.fbx
origin	東座標, 北座標, 楕円体高(必須) 初期値：未指定	3Dデータ原点の座標を設定します。基本情報項目のtype設定がWGS84の場合は座標単位は度、JPやUTMの場合は座標単位はmになります。楕円体高は全てmです。 例：object[1].origin = 140.6967474,40.81215562,62
rotation	東軸回転, 北軸回転, 垂直軸回転 初期値：0,0,0	3Dデータ原点からの回転を設定します。省略指定も可能で、1要素記載の場合は垂直軸回転のみになります。 例：object[1].rotation = 0.4,0,0
scale	画角東軸倍率, 北軸倍率, 垂直軸倍率 初期値：1,1,1	3Dデータ原点からの倍率を設定します。1要素記載の場合は3軸全てに共通の倍率が設定されます。 例：object[1].scale = 400,400,10
exist	開始年, 終了年 初期値：未指定	3Dデータの表示を開始する年と終了する年を指定します。開始年のみ指定、終了年のみ指定も可能です。未指定の場合は、常に存在することになります。 例：object[1].exist = 80,
terrain_correction	真偽値 初期値：True	地形がオブジェクトを突き抜けないように、オブジェクト形状に合わせて地形を補正します。実行中は地形補正が行われると元の形状に戻せません。オブジェクトの位置を調整するためなど、地形補正前の地形を再現したいときは、地形補正設定をオフ(False)にしてから再読み込みをしてください。 例：object[1].terrain_correction = False
copyright	"クレジット" 初期値：未指定	3Dデータのクレジットを記載します。スクリーン内にこの3Dデータが表示されると、copyright欄にクレジットが表示されます。 例：object[1].copyright = "scienceNODE(3D Model)"
visible	真偽値 初期値：True	表示する場合はTrue、非表示の場合はFalseを指定します。 例：object[1].visible = True

炎タイプ一覧

オブジェクト情報で type = fire を指定した場合は、以下のタイプの炎を扱うことができます。

File 番号	概要	イメージ
1	ガス型炎。無煙。	
2	松明型炎。有煙。	
3	炭火型炎。無煙。	
4	野火型炎。無煙。	
5	狼煙型炎。有煙。	

5 起動

以下の手順で起動します。

1. Stellarium の起動（Windows の場合は F11 キーなどを押し、フルスクリーンを解除してください）
2. arcAstroVR の起動（Stellarium は起動したままにしてください）
3. 「Select File – ‘dataset.txt’」のボタンを押し、読み込みたいデータセットの設定ファイル「dataset.txt」を選択、「Open」を押します。



6 arcAstroVR の操作

6.1 日時操作

日時パネルで

- TimeZone 入力
- 日付入力（増減ボタンの長押しで高速増減ができます）
- 時刻入力（スライダーで入力もできます）

を行い、update ボタンを押すと、arcAstroVR の天空画像が更新されます。

スライダーの両脇には、1 時間または 10 分の進む・戻るボタンがあります。進む・戻るボタンは天空画像を自動更新するので、update ボタンを押す必要はありません。

なお日時パネルは、好きな位置に移動させることができます。

※Stellarium で 6 タイル出力が行われ、ArcAstroVR に反映されるまで 5 秒ほどかかります。

※天空画像の繋がりがおかしい場合は、再度 Update ボタンを押してみてください。



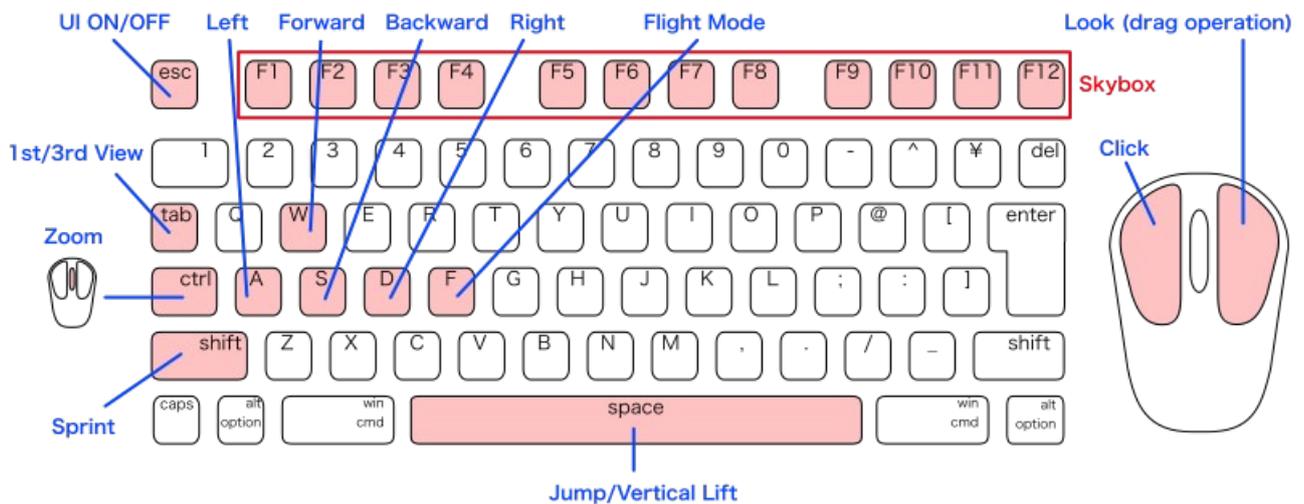
6.2 移動／表示切り替え操作

観測者の移動／表示切り替え操作はキーボードとマウスまたは、ゲームコントローラーで行います。

6.2.1 キーボード／マウスの場合

基本的には、マウスの右ドラッグで進行方向を定めながら、「W」・「S」キーで前進・後退します。

- 視点：「マウス右ドラッグ」 (視方向が変わります)
- 移動：「W」 Key (視点方向へ前進)
「S」 Key (視点方向から後退)
「A」 Key (左移動)
「D」 Key (右移動)
- 高速：「Shift」 Key (押しながら移動をすると、高速移動できます)
- ジャンプ / 上昇：「Space」 Key (歩行モードの時はジャンプ、フライトモードの時は上昇します)
- フライトモード：「F」 Key
(フライトモードに切り替わり、移動操作で飛ぶことができます。再度押すと、歩行モードに戻ります)
- ズームイン / アウト：「Ctrl」 Key + マウスホイール (拡大縮小 (視野角変更) が行えます)
- 視点切替：「tab」 Key (1人称視点と3人称視点を切り替えられます)
- UI オン / オフ：「esc」 Key (UIの表示、非表示を切り替えられます)
- Skybox切替：「F1～F12」 Key (プリセットしたSkyboxを切り替えられます：6.5参照)



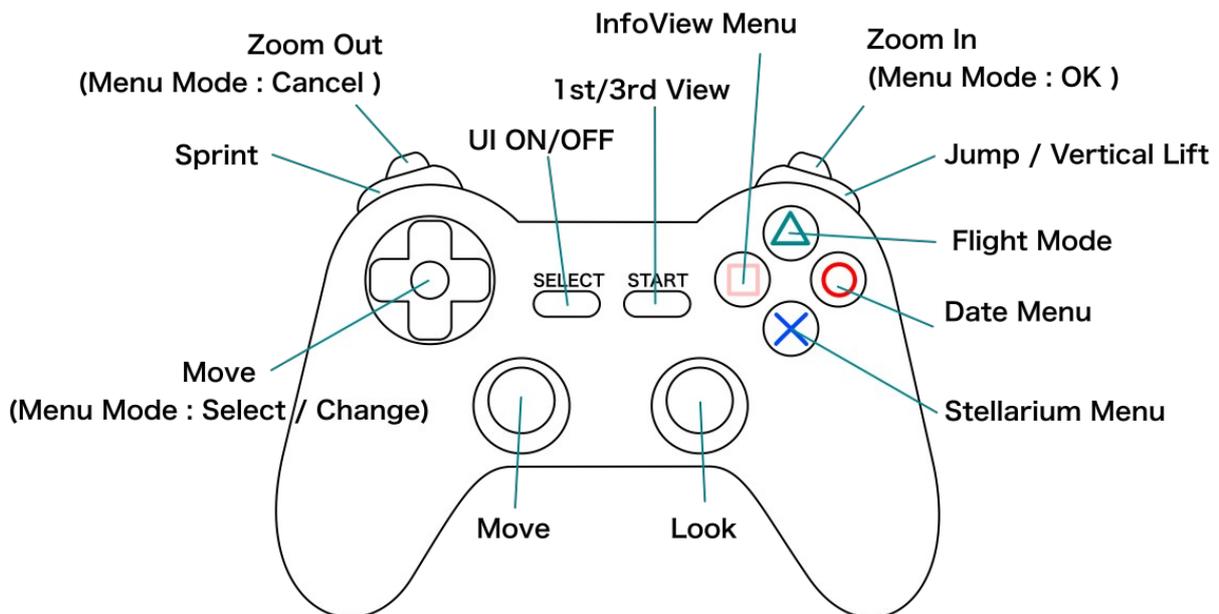
表示の切り替えは、メニューボタンまたはキーボードで行います。

- 星座線 表示切替：メニューボタンまたは「C」 Key
- 星座名 表示切替：メニューボタンまたは「V」 Key
- 星座絵 表示切替：メニューボタンまたは「R」 Key
- 赤経赤緯 表示切替：メニューボタンまたは「E」 Key
- 方位高度 表示切替：メニューボタンまたは「Z」 Key
- 方角 表示切替：メニューボタンまたは「Q」 Key
- 大気 表示切替：メニューボタンまたは「T」 Key
- 考古学用補助線 表示切替：メニューボタンまたは「U」 Key
- 惑星名 表示切替：メニューボタンまたは「P」 Key



6-2-2. ゲームコントローラーの場合

- 視点：右スティック
視方向が変わります
- 移動：左スティックまたは左十字ボタン
アバターが移動します
- 高速：左ショルダーボタン
押しながら移動をすると、高速移動できます
- ジャンプ / 上昇：右ショルダーボタン
歩行モードの時はジャンプ、フライトモードの時は上昇します
- フライトモード：「△ (Y)」ボタン
フライトモードに切り替わり、移動操作で飛ぶことができます。再度押すと、歩行モードに戻ります
- ズームイン / アウト：右トリガー / 左トリガー
拡大縮小（視野角変更）が行えます
- 視点切替：「START (OPTION)」ボタン
一人称視点 / 三人称視点を切り替えられます
- UI オン / オフ：「SELECT (SHARE)」ボタン
- 情報 Window メニュー：「□ (X)」ボタン
情報 Window でのメニュー選択は左十字ボタンで行い、実行は右トリガー、キャンセルは左トリガーを押します。
- 日時設定メニュー：「○ (B)」ボタン
日時設定でのメニュー選択は十字ボタンの左右で行い、数値の変更は十字ボタンの上下で行い、Update は右トリガー、メニュー終了は左トリガーを押します。
- Stellarium メニュー：「× (A)」ボタン
Stellarium でのメニュー選択は十字ボタンの左右で行い、ON/OFF は右トリガー、メニュー終了は左トリガーを押します。



6.3 環境設定

画面左上の「Setting」ボタンを押すと、下記の表示設定を行うことができます。

6.3.1 言語

Language のプルダウンから、表示言語を選択できます。

6.3.2 座標系

Coordinate System のプルダウンから、トッパーおよび情報 Window に表示する座標系を選択することができます。選択できる座標系は以下の通りです。

- WGS84：経緯度（小数点 10 進数表記）の世界座標系です。
- JPR19(Japan PRCS)：日本平面直角座標系(19 系) (Y,X の m 表記) です。Zone に系番号 (1~19) を指定します。
- UTM：UTM 座標系 (E,N の m 表記) です。Zone にゾーン番号 (1~60) を指定します。



6.3.3 アバター身長

アバターの身長を設定できます。身長が未設定の時は 176cm に設定されます。

また、視位置は身長*0.94 の高さに設定されます。身長 176cm の場合は、眼の高さは 165.4cm になります。

6.3.4 環境光

Ambient Light のスライダーから環境光の強さを 0~8 の範囲で調整できます。通常の強さは 1 です。

深夜の月明かりがなく真っ暗な環境でも、環境光を調整することにより、地上や室内を表示することができるようになります。

6.3.5 水面波高

水オブジェクトの波の高さを 0~1 の範囲で調整できます。

0 の場合は、波のない鏡面状態になります。

6.3.6 UI サイズ

UI を 0.5~1.5 倍のサイズに可変する事ができます。ディスプレイの dpi や画面サイズに応じて、調整してください。

注：出力形式に PC Display を選択した場合のみ有効です。

6.3.7 コントローラー感度

マウスやゲームパッドなど、コントローラーの回転感度を 0.1~3 倍の範囲で調整できます。

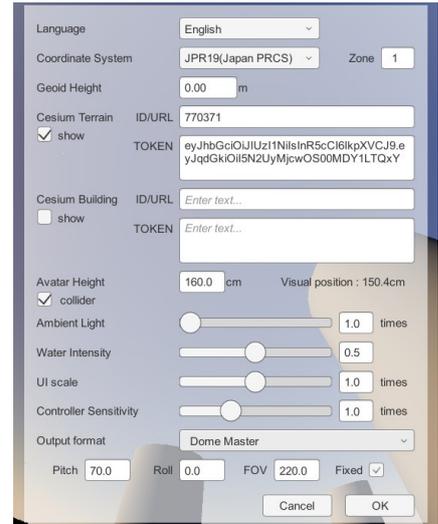
6.3.8 出力形式

Output format から、出力形式を「PC Display」「HMD」「Dome Master」のいずれかから選ぶ事ができます。

現在のところ、HMD は Windows + Meta(Oculus) Rift / Quest / Quest2 にのみ対応しており、Mac やその他の HMD では再生できません。詳しくは「7. HMD (Head Mount Display)」をご覧ください。

Dome Master 形式を選んだ場合、

- ・ピッチ (傾斜角) : -90~90°
- ・ロール (回転角) : -180~180°
- ・FOV (視野角) : 0~360°
- ・回転固定 : アバターの進行方向に合わせて回転するかどうかの追加設定を行う事ができます。詳しくは「8. ドームマスター」をご覧ください。



6.4 トップバー及び情報 Window

arcAstroVR に読み込まれたマーカーや補助線、オブジェクトの情報は、情報 Window に表示されます。

情報 Window は画面上部にあるトップバーの「Show (Close) Info」ボタンによって、表示 / 非表示させることができます。また、情報 Window の右下にあるリサイズボックスをドラッグすることで、情報 Window のサイズを変更することができます。



6.4.1 表示項目

最上段のトップバーには、以下の内容が表示されます。

- ・表示座標系の種別
- ・現在位置の座標・標高
(注：人間の足元からの計算になります)
- ・カーソルの方位角・高度角
(注：カメラ位置からの計算になります)



Fig 6: トップバー

情報 Window には、以下の内容が表示されます。

- ・マーカーの座標・標高、現在位置から見た場合の方位角・高度角・距離
(注：人間の目からの計算になります)
- ・補助線の初端マーカー番号、終端マーカー番号または補助線方位角
- ・オブジェクト原点の座標・標高、限定からの回転角、スケール、存在の開始年・終了年



Fig 7: 情報 Window

6.4.2 表示チェックボックス

情報 Window の左側にあるチェックボックスは、マーカーや補助線、オブジェクトの表示をコントロールします。

(注：オブジェクトの場合、表示チェックボックスがONになっていても、存在開始年以前または存在終了年以降の年になっている場合は表示されません)

6.4.3 追加ボタン

マーカーや補助線は、「Add」ボタンを押すことで追加することができます。

マーカーの初期位置は、現在アバターが立っている位置が入力されます。名前や座標、色を入力し、「OK」を押すことで追加できます。

補助線の初期位置は Marker 番号 1、Angle 0°に設定されます。名前や初端、終端、色を入力し、「OK」を押すことで追加できます。

6.4.4 移動ボタン

マーカー情報の右側にある「GO」ボタンは、マーカーの位置へ移動するボタンになっています（画面上のマーカーを左クリックでも移動することが可能です）。

6.4.5 固定カメラボタン

1つのマーカーにつき固定カメラを1台設置できます。定点観測に利用したり、衝突設定がないので、人が入り込む事ができない狭い箇所での景観確認に利用する事ができます。

固定カメラは、マーカー情報の右側にある「Cam」ボタンを押すことで、固定カメラモードになり、画像を見る事ができます。

固定カメラモードでは、方位角、迎角、回転角、視野角の設定ダイアログが画面右上に表示されます。固定カメラモードから元に戻るには、設定ダイアログの「Cancel」または「Close」を押します。「Cancel」を押した場合には、変更した方位角、迎角、回転角、視野角の設定は失われます。

6.4.6 編集ボタン

マーカー情報 / 補助線情報 / オブジェクト情報の右側にある「Edit」ボタンは、各情報の名前、座標、色等の編集を行うことができます。

なお、マーカーや補助線は「Delete」にチェックを入れて、「OK」ボタンを押すと、削除することができます。

(注：オブジェクトの追加 / 削除ボタンはありません。オブジェクトを追加したい場合は、設定ファイル (dataset.txt) の記述を修正して、立ち上げ直してください)

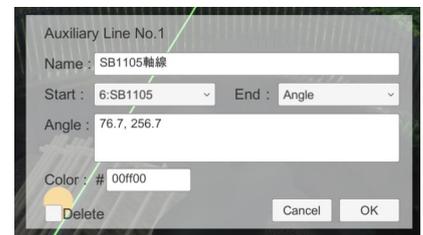
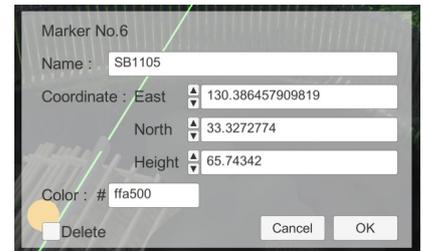
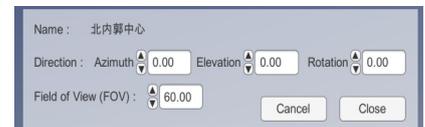


Fig 8: Add やEdit による編集画面 (マーカーと補助線)



6.4.7 コンパスマップボタン

補助線情報の右側にある「Map」ボタンは、補助線初端のマーカを中心とした、コンパスマップを表示します。

表示領域の拡大縮小は、Zoom In / Zoom Out 操作（マウス / キーボードであれば Ctrl+マウスホイール）と同じです。

画面右上の「Close Compass Map」ボタンを押すことで、通常画面に戻ることができます。



6.4.8 コピーボタン

情報 Window 左下にある「Copy Info」ボタンは、情報ウィンドウの記載情報をクリップボードに取得することができます（Ctrl+C または Cmd+C でもコピー可能です）。

クリップボードに取得した記載情報はタブ区切りになっており、表計算ソフトにペーストすると、セルに分割されて書き込まれます。

Name	No.	Longitude(°)	Latitude(°)	E height(m)	Azimuth(°)	Altitude(°)	Distance(m)
北内郭中心	1	130.386306	33.326937	56	191.0725908	-84.89491309	9.04142
北内郭東壁	2	130.386619	33.326904	57.6	7.519967458	-1.913899296	221.6181
南内郭	3	130.3865798	33.32100368	51.2	136.1392901	-2.214410905	652.7538
雲仙神社・平尾新山	4	130.298727	32.75697	1493	187.4317336	1.042864203	6354.994
上空120m	5	130.386306	33.326937	10000	191.0725908	90	9934.994
SBL105	6	130.3864579	33.3272774	65.7432	19.64804683	1.015569251	41.61148

6.4.9 保存ボタン

情報 Window 右下にある「Save」ボタンは、Add ボタンや Edit ボタンによって追加・編集された情報を、新たな dataset.txt として書き出します。

6.4.10 リストアボタン

情報 Window 右下にある「Restore」ボタンは、Add ボタンや Edit ボタンによって追加・編集された情報をキャンセルし、起動時に読み込んだ dataset.txt の情報に戻します。



6.5 Skybox モード

arcAstroVR では 12 個の Skybox 設定（Stellarium から転送される天空画像および日時情報）をキャッシュ（一時保存）することができ、F1~F12 のファンクションキーで切り替えることができます。現在の Skybox モードは画面左上の表示から確認でき、各 Skybox モード内で設定した日時や転送した天空画像の最新がキャッシュされます。他の Skybox モードに移った場合は、その Skybox モードで最後に設定した天空画像および日時情報が表示される事になります。なお、アプリケーションを終了しても、キャッシュ情報は維持されます。



Stellarium からの画像転送を伴わず高速切り替えが可能のため、異なった日時の天空を比較したいときや、プレゼンテーションなどであらかじめ用意した天空を表示したい時などに役立ちます。

7 HMD(Head Mount Display)

arcAstroVRはHead Mount Displayを利用して、6自由度(6FOV)のより没入感のある視聴をすることができます。対応しているHMDは次の通りです。

- Meta(Oculus) Rift / Quest / Quest2 (Quest Link / Air Link モードでPCと接続)

動作にはPCがOpenXRに対応している必要があります。現在のところ、MacはOpenXRに非対応のため、Windowsのみの対応となります。また、OpenXRで動作するには、高性能なGPU及び豊富なメモリを要しますのでご注意ください。ご自身のPCが対応しているかどうかについては、各HMDの対応PC表をご参照ください。

7.1 HMDの接続・起動

以下の手順で、起動してください

1. Quest Link または Air Link で、Meta Quest と PC を接続状態にします。

1. Oculus PC アプリ (<https://www.meta.com/jp/quest/setup/>) を起動
2. (有線の場合) HMD を起動し、Quest Link ケーブルで、HMD と PC を接続。
3. HMD を装着し、ユニバーサルメニューの時計をクリックしてクイック設定画面を開き、「Quest Link」ボタンを押す。
4. (無線の場合) 「AirLink を使用」を On にする。
5. 接続したい PC を選び、「起動」ボタンを押す。

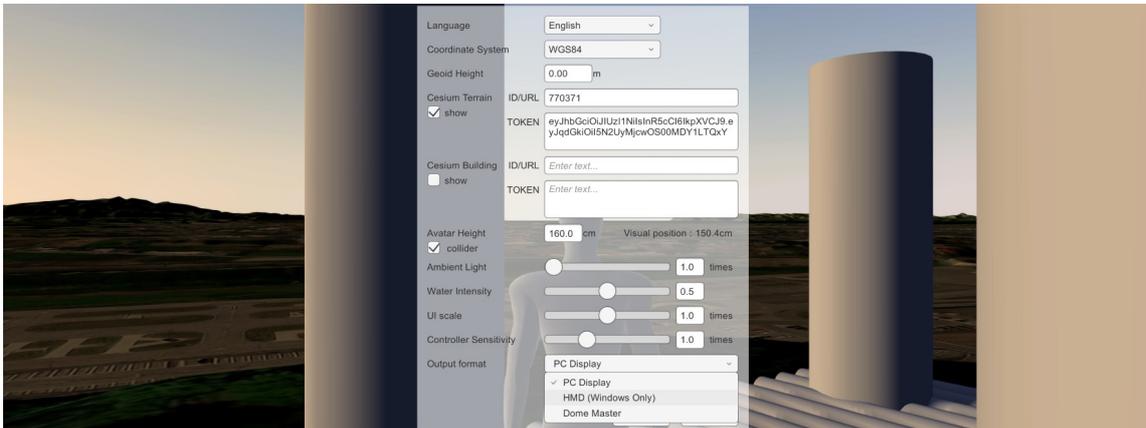


参照：<https://www.meta.com/ja-jp/help/quest/articles/headsets-and-accessories/oculus-link/setup-link/>

2. arcAstroVR を起動し、dataset を読み込みます。
3. arcAstroVR トップバーのメニューから Setting をクリックし、Setting ダイアログを開きます。



4. Output format のプルダウンから HMD を選択し、「OK」ボタンを押します。



5. HMD を装着します。

7.2 HMD の操作

HMD コントローラのボタン操作は右図のようになります。

HMD 画面では、以下の制限があります。

- ・ 1 人称視点のみです
- ・ 拡大・縮小はできません
- ・ コンパスマップは表示できません
- ・ 固定カメラは表示できません

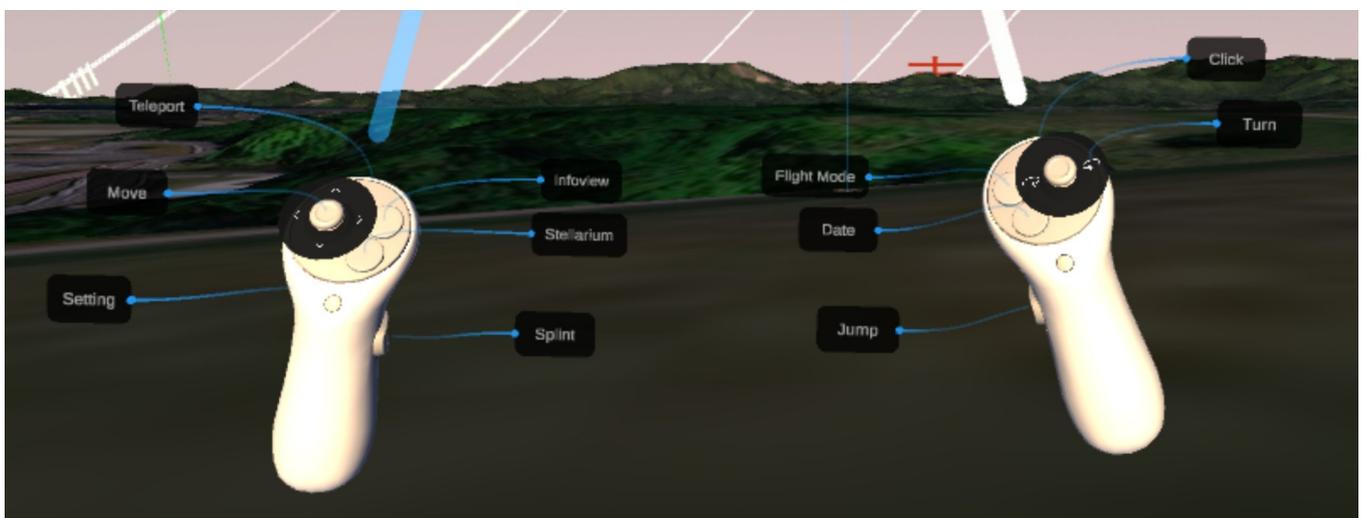
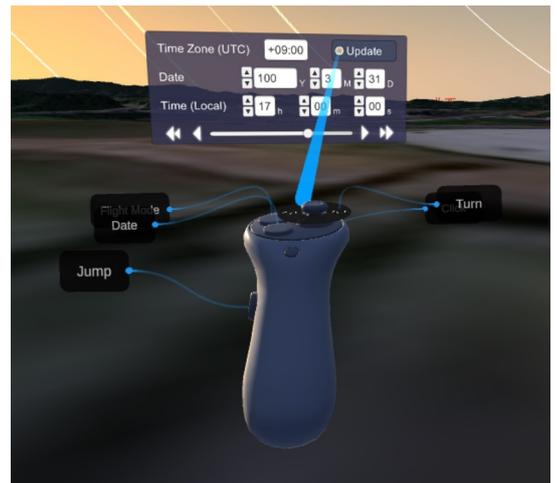
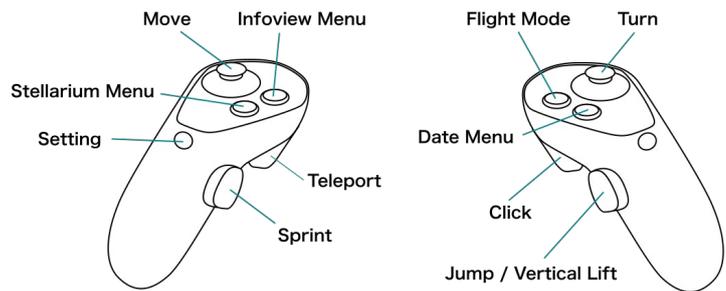
HMD コントローラの各 Menu ボタン (InfoView Menu / Date Menu / Stellarium Menu) を押すと、進行方向にそれぞれの Menu が表示されます。

各 Menu のボタンは、右コントローラから伸びるラインで指定し、右コントローラの人差し指 (トリガー) ボタンでクリックできます。

Menu を消したいときは、各 Menu ボタンをもう一度押します。

移動は左コントローラの親指 Stick で連続的な移動動作が行えます。しかしながら、VR での連続移動操作は、3D 酔いを起こしやすいといった欠点を持ちます。

3D 酔いを起こしやすい方には、テレポート移動による瞬間移動操作をお勧めします (左コントローラの人差し指 (トリガー) ボタンで、左コントローラから伸びる放射線ラインの先に瞬間移動できます)



8 ドームマスター

arcAstroVR はドームマスター形式の出力に対応し、魚眼レンズをつけたプロジェクターでドーム投影が可能です。

8.1 ドームマスター出力の設定

1. トップバーのメニューから Setting をクリックし、Settings ダイアログを開く。



2. Output Display のプルダウンから Dome Master を選択する。



3. 投影するプロジェクタやドーム形状に合わせて、Pitch、Roll、FOV、Fix の設定を行う。

中心のピッチ Pitch	0°の場合、水平北方向がドームマスター中心に来ます。 90°の場合、天頂方向がドームマスター中心に来ます。 -90°の場合、垂直下方向がドームマスター中心に来ます。 20°の傾斜ドームの場合、70 (= 90 - 20) のピッチ指定をします。
中心の回転角 Roll	ドームの傾斜方向が前方向であれば 0°に指定します。 ドームの傾斜方向が右方向であれば 90°に指定します。 ドームの傾斜方向が左方向であれば -90°に指定します。 ドームの傾斜方向が後ろ方向であれば 180°に指定します。
視野角 FOV	180°半球ドームであれば 180°に指定します。 200°ドームであれば、200°に指定します。
方角固定 Fix	チェックの場合は前方向が北に固定されます。 チェックされていない場合は、アバターの進行方向が前になります。

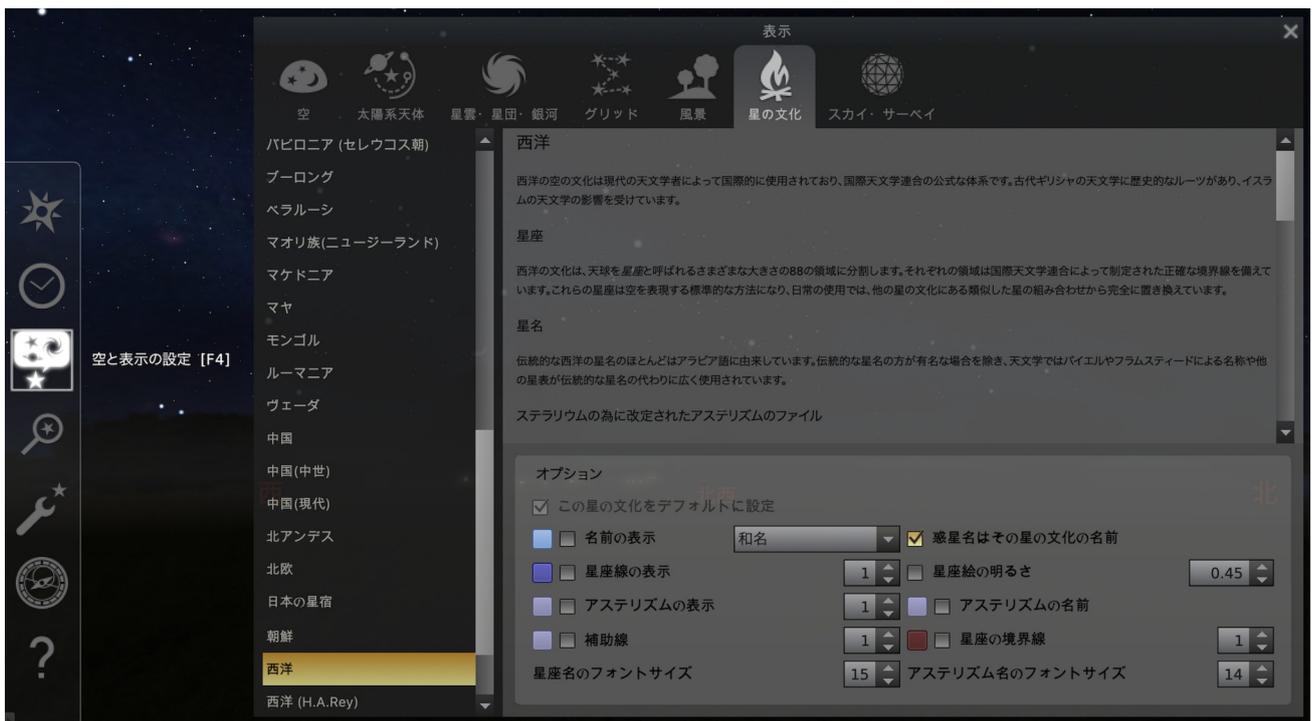
4. ドームマスター出力を終了する際は、Settings ダイアログを開き、Output Display のプルダウンから PC Display を選択します。

9 Stellarium の設定を使った高度な表示

9.1 星空表示の設定

Stellarium で「空と表示の設定」ボタン[F4]を押すことで、より高度な表示設定を行うことができます。Stellarium で設定した表示を ArcAstroVR に反映するには、ArcAstroVR で日時パネルの Update ボタンを押してください。

- 空：
天の川の明るさ/彩度、黄道光の明るさ、大気の屈折/吸光設定、光害の設定、恒星表示の明るさ、恒星表示のサイズ、恒星表示の等級制限などが行えます。
- 太陽系天体：
軌道の表示設定、軌跡の表示、光行差の計算、月の拡大設定、惑星光度の計算式設定などが行えます。
- 星雲・星団・銀河：
表示する天体カタログや、表示種別の選択ができます。
- グリッド：
表示する線の選択ができます。
- 星の文化：
世界各地の文化にまつわる星座名や星座線、星座絵の表示選択ができます。



9.2 天文計算 Window

「天文計算ウィンドウ」[F10]で、さまざまな天文現象の計算ができます。

- 天文現象：
2天体間の衝や隠蔽などの検索ができます。
- 日食と月食：
地球上全ての日食、観測地点で見られる日食、月食、惑星の太陽面通過などの検索ができます。



9.3 その他設定

「設定画面」[F2]で、基本的な環境設定の変更ができます。

- メイン：
言語設定を変更できます。また、次回も同じ表示設定で起動できるように、表示設定や設定の保存をすることができます。
- 時刻：
日付の表示設定や、自転速度補正のアルゴリズムを変更できます。
- ツール：
測心座標の ON/OFF や章道計算の ON/OFF ができます。



10 3D 地図ホスティング(Cesium ion)

arcAstroVR はアメリカの Cesium GS, inc が提供する 3D 地図情報ホスティングサービス : Cesium ion に対応しています (<https://cesium.com/platform/cesium-ion/>)。

アカウントを作成することで、地形データや 3D データ、写真などを位置情報と紐付けて Cesium ion に登録でき、自分独自の 3D 地図情報を作成できます(5GB までは登録無料)。登録できるデータは

- ・ 3D モデル : .fbx, .obj, .dae, .gltf, .glb,
- ・ 点群データ : .las, .laz
- ・ 地図データ : .citygml, .xml, .gml, .kml, .kmz
- ・ 地形データ : .flt, .asc, .src, .tiff, .tif, .img, .dem, .terraindb
- ・ 写真データ : .jpg, .jpeg, .png, .flt, .asc, .src, .tiff, .tif, .img, .dem

などです (<https://cesium.com/learn/3d-tiling/tiler-data-formats/>)。

登録したデータに設定された Asset ID や TOKEN を、様々な Cesium ion 対応アプリケーションで指定することで、インターネット 3D 地図情報としてアクセスすることができるようになります。

arcAstrVR では、dataset.txt の下記の要素、

- ・ 地形データ用 : cesium_terrain_ID/URL
- ・ 地形データ用 : cesium_terrain_TOKEN
- ・ 建物データ用 : cesium_build_ID/URL
- ・ 建物データ用 : cesium_build_TOKEN

にそれぞれ記述します。

Cesium ion 上で一般公開されている 3D 地図情報は以下のようなものがあります。

内容	Asset ID	Asset TOKEN
全地球地形データ (Cesium Terrain World) Data available from the U.S. Geological Survey, © CGIAR-CSI, Produced using Copernicus data and information funded by the European Union - EU-DEM layers, Data available from Land Information New Zealand, Data available from data.gov.uk, Data courtesy Geoscience Australia	1	なし
国土地理院全日本地形データ (PLATEAU-Terrain) https://github.com/Project-PLATEAU/plateau-streaming-tutorial/blob/main/terrain/plateau-terrain-streaming.md ※本サービスはあくまで試験的な運用であるため、提供期間やサービスレベルについては保証できないことのことです	770371	eyJhbGciOiJIUzI1NiIsInR5cCI6IkpXVCJ9.eyJqdGkiOiI1N2UyMjcwOS00MDY1LTQxYjEtYjZjMy00YTU0ZTg5MmViYWQlLjZCI6ODAzMDYsImhhdCI6MTY0Mjc0ODI2MX0.dkwal1CcljUV7NA7fDbhXXnmyZQU_c-G5zRx8PtEcxE
オープンストリートマップ建物データ (Cesium OSM Buildings)	96188	なし

3D 地図情報は Cesium ion 以外のホスティングサービスの 3DTiles 形式も扱えます。

arcAstroVR では、dataset.txt の cesium_terrain_ID/URL や cesium_build_ID/URL に、ホスティングデータの URL を記述します。

国土交通省の Project PLATEAU では、3DTiles 形式の建物データホスティングを進めており (2021 年度末時点で 56 都市の 3D Tiles を公開中)、そのデータを使用することもできます。公開都市の URL は以下のページから確認することができます。

<https://github.com/Project-PLATEAU/plateau-streaming-tutorial/blob/main/3d-tiles/plateau-3dtiles-streaming.md>

11 ライセンス

arcAstroVR は 2022 年 4 月 1 日に GPLv3 ライセンスでリリースされました。

11.1 Unity 組み込みパッケージ

- **Stellarium-unity-spout-JSONObject-U2017-3**
Authors: Georg Zotti
Contact: <https://github.com/Stellarium/stellarium-unity>
Version: Released September 15, 2020
Licence: GNU General Public License v3.0
- **3rd Person Controller + Fly Mode**
Authors: Vinicius Marques
Contact: <https://ricardoreis.net>
Version: 2.1.5
Licence: Unity Asset Store standard EULA
- **JSON Object**
Authors: Defective Studios
Contact: <http://defectivestudios.com/company>
Version: 2.1.2
Licence: Unity Asset Store standard EULA
- **TriLib2**
Authors: Ricardo Reis
Contact: <https://ricardoreis.net>
Version: 2.2.2
Licence: Unity Asset Store standard EULA
- **Cesium for Unity**
Authors: Cesium
Contact: <https://cesium.com/platform/cesium-for-unity/>
Version: 1.7.1
Licence: Apache License 2.0
- **URP Water**
Authors: Yan Verde
Contact: <https://www.yvgrafix.com>
Version: 1.1.2
Licence: Unity Asset Store standard EULA
- **Mirrors and reflections for VR**
Authors: Tom Goethals
Contact: <https://fragilem17.wixsite.com/website>
Version: 1.1.1
Licence: Unity Asset Store standard EULA
- **REAL FIRE [URP/HDRP]**
Authors: RDR
Contact: <https://www.artstation.com/artist/rdr>
Version: 1.0
Licence: Unity Asset Store standard EULA

12 問い合わせ先

office@arcAstroVR.org