

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.0.16

改訂 2022 年 7 月 25 日

目次

更新履歴.....	2
1.ファイル構成.....	5
1-1.Stellarium アプリ.....	5
1-2.arcAstroVR アプリ.....	5
1-3.arcAstroVR 用データセット.....	5
2.概要.....	6
2-1.動作概要.....	6
2-2.再現精度.....	7
3.インストール及び設定.....	9
3-1.Stellarium の設定.....	9
3-2.推奨表示設定.....	11
3-3.タイムゾーンの設定.....	12
4.データセットの作成.....	13
4-1.データセットファイルの構成.....	13
4-2.広域地形・狭域地形データの作成.....	13
4-3.設定ファイル(dataset.txt)の作成.....	14
5.起動.....	15
6.arcAstroVR の操作.....	16
6-1.日時設定.....	16
6-2.移動／表示切り替え操作.....	16
6-3.表示設定.....	17
6-4.トップバー及び情報 Window.....	18
7. HMD (Head Mount Display)	21
7-1. HMD の接続・起動.....	21
7-2. HMD の操作.....	21
8. ドームマスター.....	22
8-1.ドームマスター出力の設定.....	22
9.Stellarium の設定を使った高度な表示.....	23
9-1.星空表示の設定.....	23
9-2.天文計算 Window.....	24
9-3.その他設定.....	24
10. ライセンス.....	25
Unity 組み込みパッケージ.....	25
問い合わせ先.....	25

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

		<ul style="list-style-type: none"> ・情報 Window のスクロール、サイズ可変に対応 ・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・マーカールと重なると、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

		<ul style="list-style-type: none"> ・ゲームコントローラーに対応 ・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

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

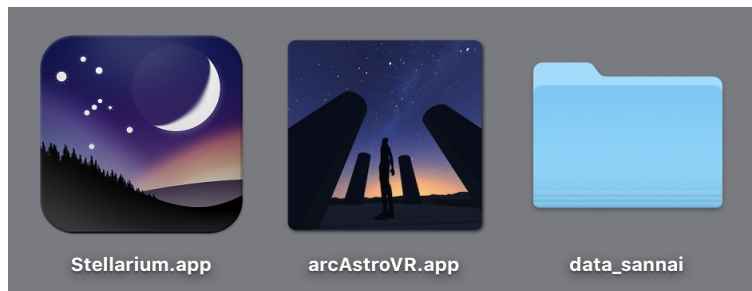


Fig 1:2 つのアプリとデータセット

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-0.16.1/arcAstroVR.exe
- Mac 用 : arcAstroVR-Mac-0.16.1/arcAstroVR.app

1-3.arcAstroVR 用データセット

arcAstroVR は VR データを表示する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。簡易に動作確認したい場合は、こちらをご利用ください。

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

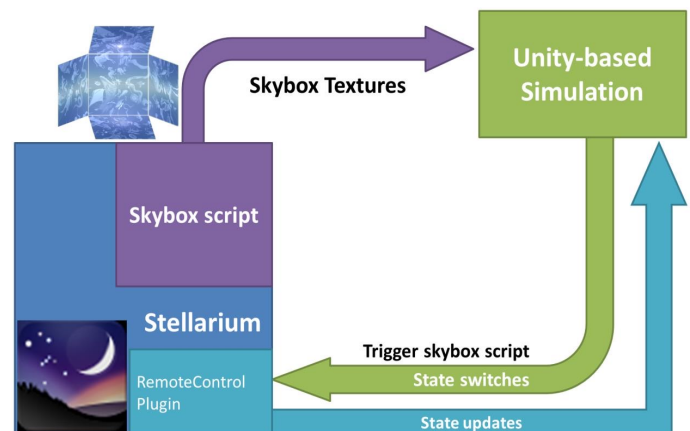


Fig 2:arcAstroVR (Unityプログラム)とStellariumの連携図
Serious Gaming for Virtual Archaeoastronomy
(<https://doi.org/10.14434/sdh.v4i1.31041>)より連携図引用

2-2.再現精度

2-2-1 地形の精度

arcAstroVR では、ベースとなる広域地形に 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、広域地形では $100\text{km} \div 4096 = 24\text{m}$ 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、 $10000\text{m} \div 65536 = 15.26\text{cm}$ の垂直解像度、まで持つことができます。

広域地形用のデータは、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。

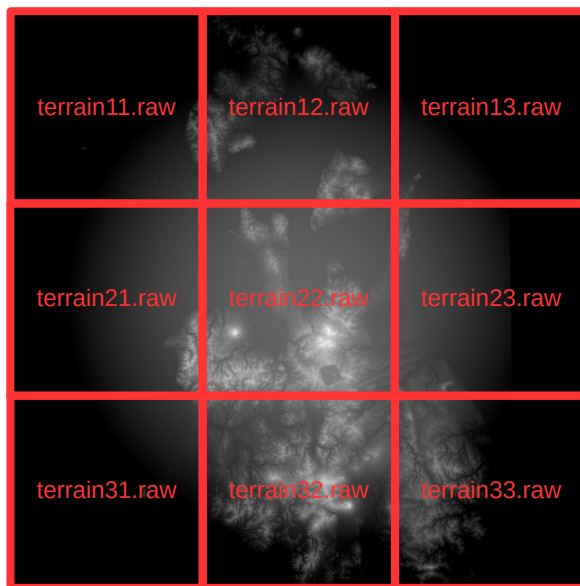


Fig 3: 広域地形ファイルの配置

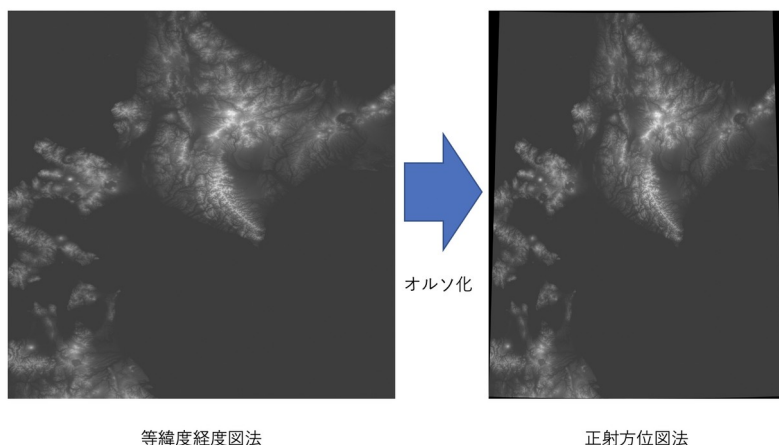
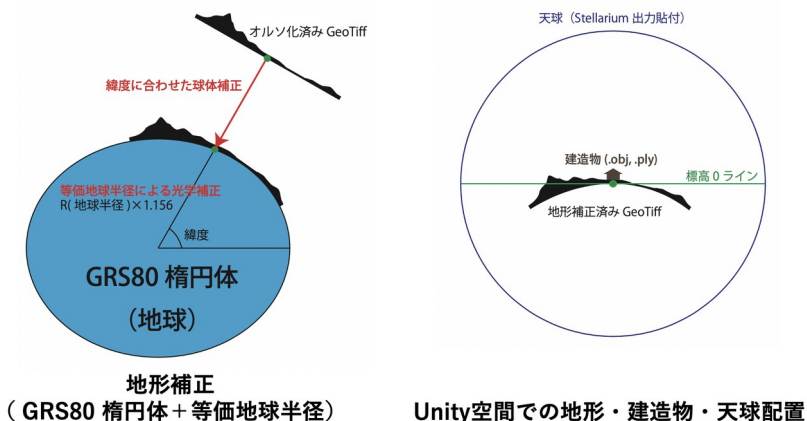


Fig 4: オルソ化、球体補正・光学補正 (地形補正)

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) を行っている必要があります (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、持つことができる詳細地形は、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 $4096 \times 5\text{m} = 20480\text{m}$ の範囲を持つ狭域地形になります。

これらの広域地形・狭域地形は、GIS ソフトウェア「QGIS」用のプラグイン「terrain4arcAstroVR」で作成することができます。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。



これらの広域地形・狭域地形に加え、遺構など（場合によっては、トンネルなど標高データでは表現できない地形など）の3Dモデルを重ねて、VR空間に再現しています。広域地形・狭域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。

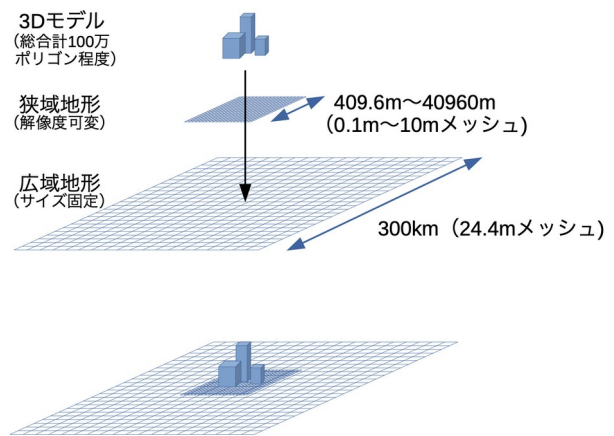


Fig 5: 広域地形・詳細地形・3Dモデルの重ね合わせ

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。

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。

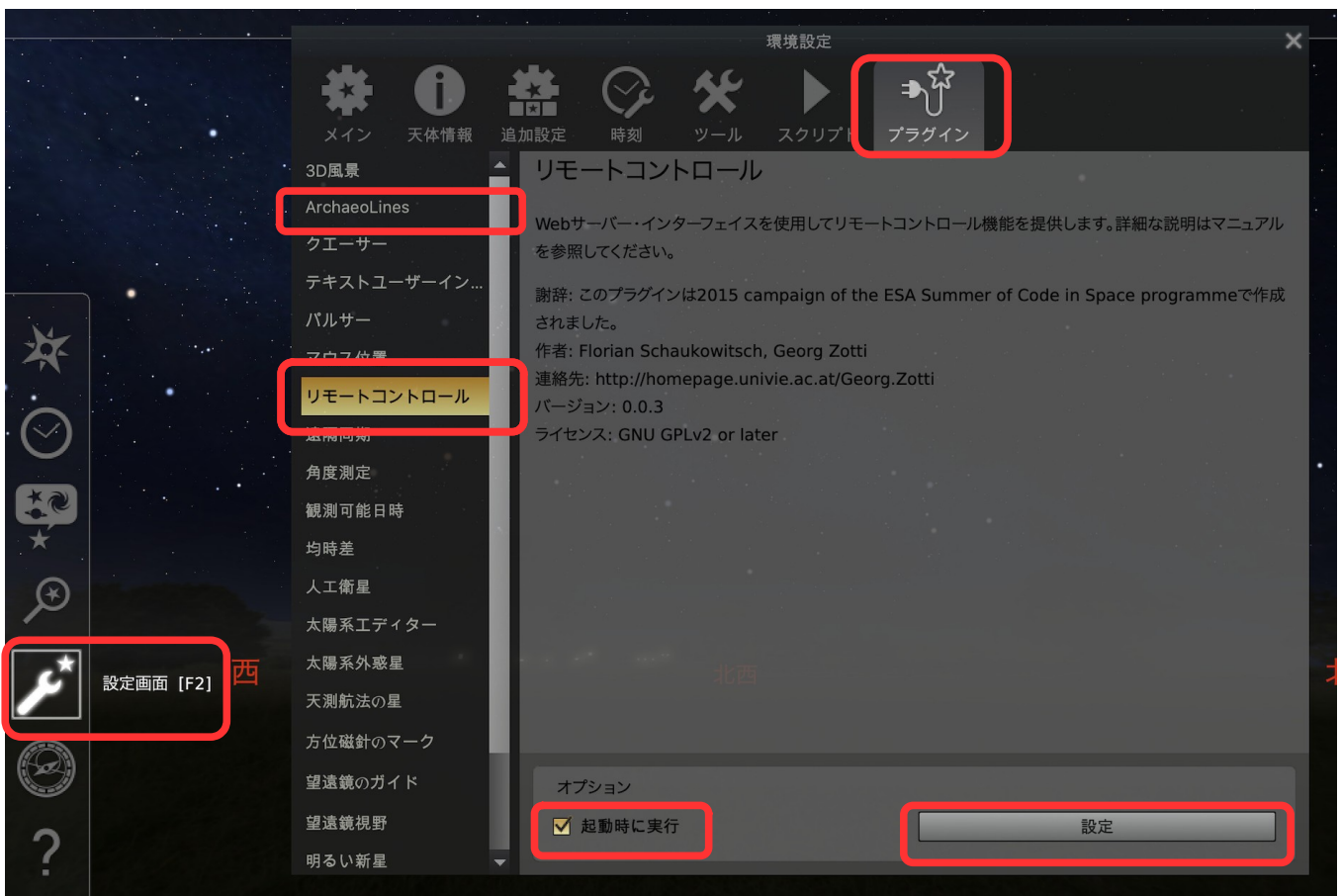
日周運動における天球の回転は1秒間に15秒角(0.004度)ですので、arcAstroVRの平行光源角度精度(0.001度)上では、0.25秒ほどの時間分解能で光と影がシミュレートされていることとなります。

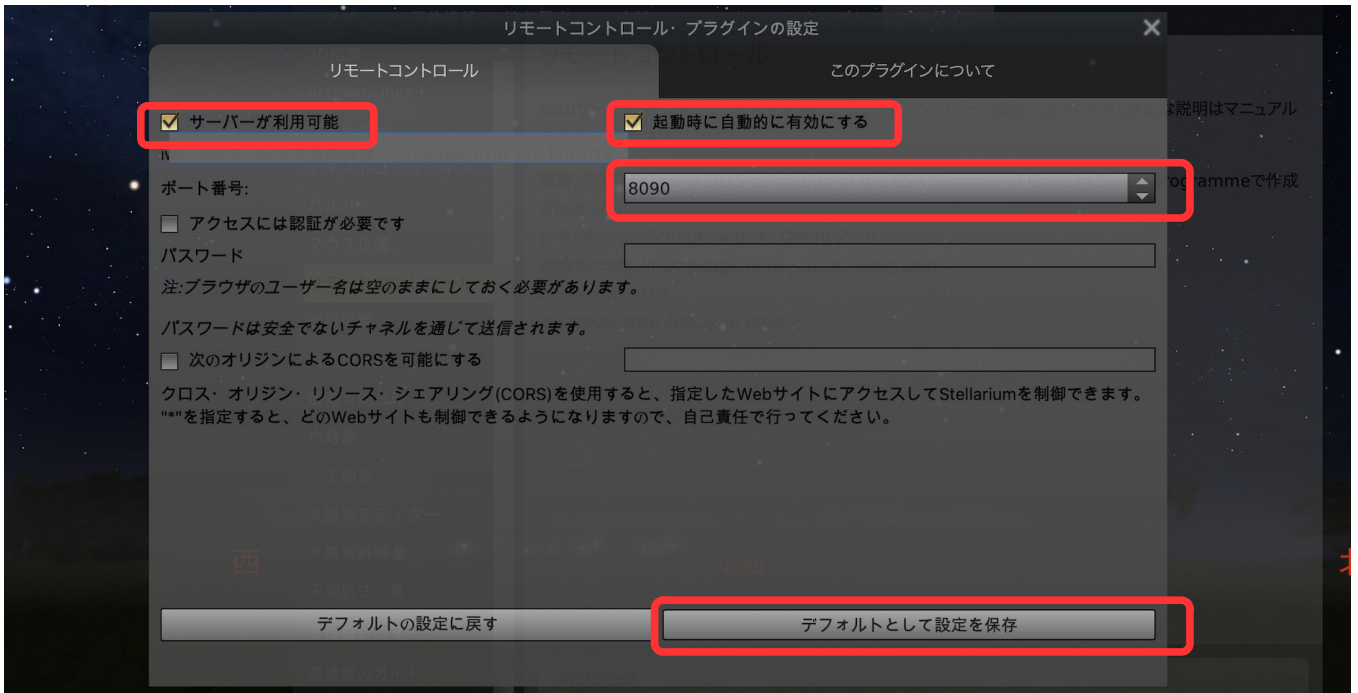
3.インストール及び設定

3-1.Stellarium の設定

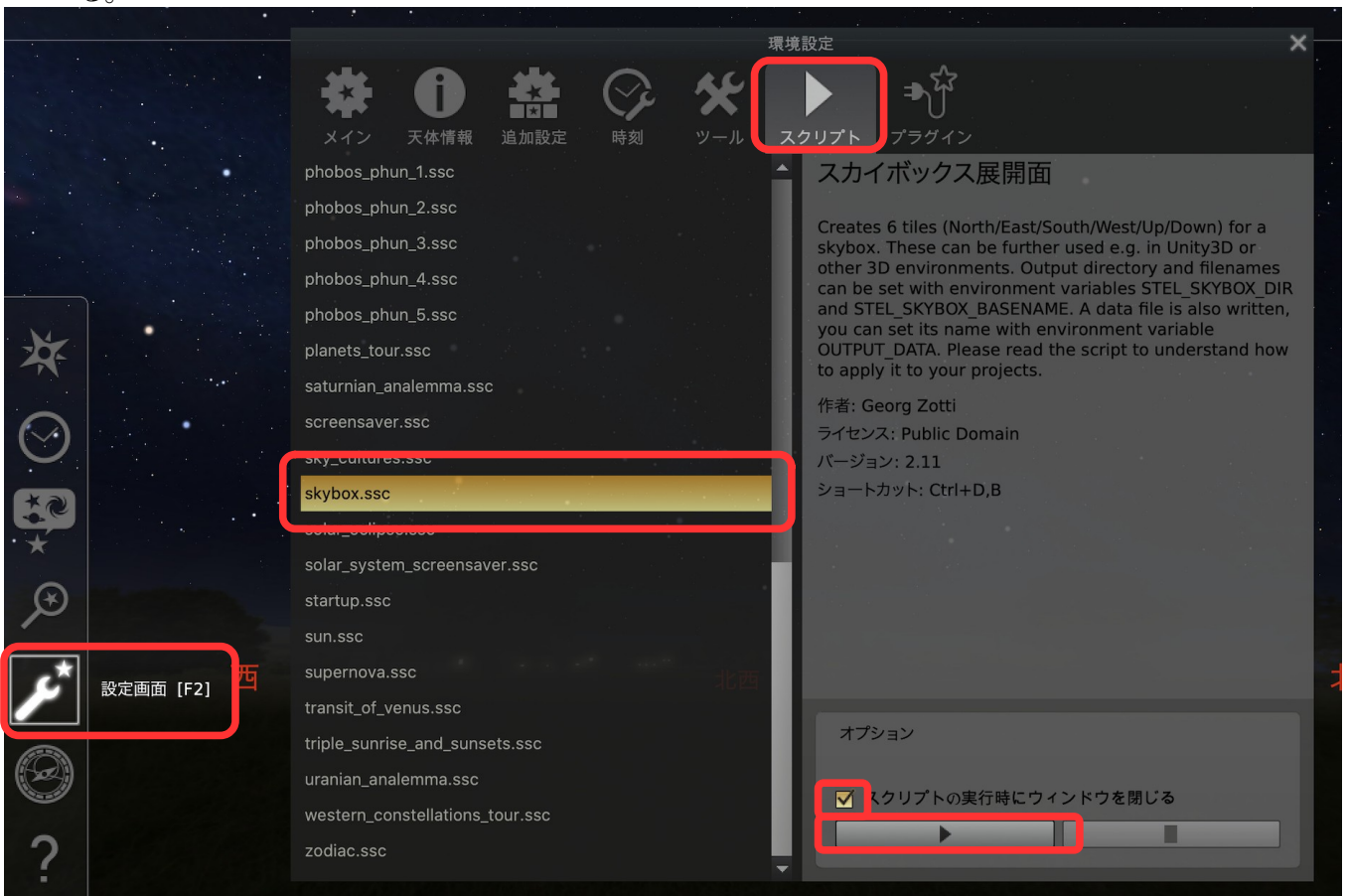
Stellarium 公式サイト (<http://stellarium.org>) から最新版をインストールした後、起動して以下の設定を行います。

- 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

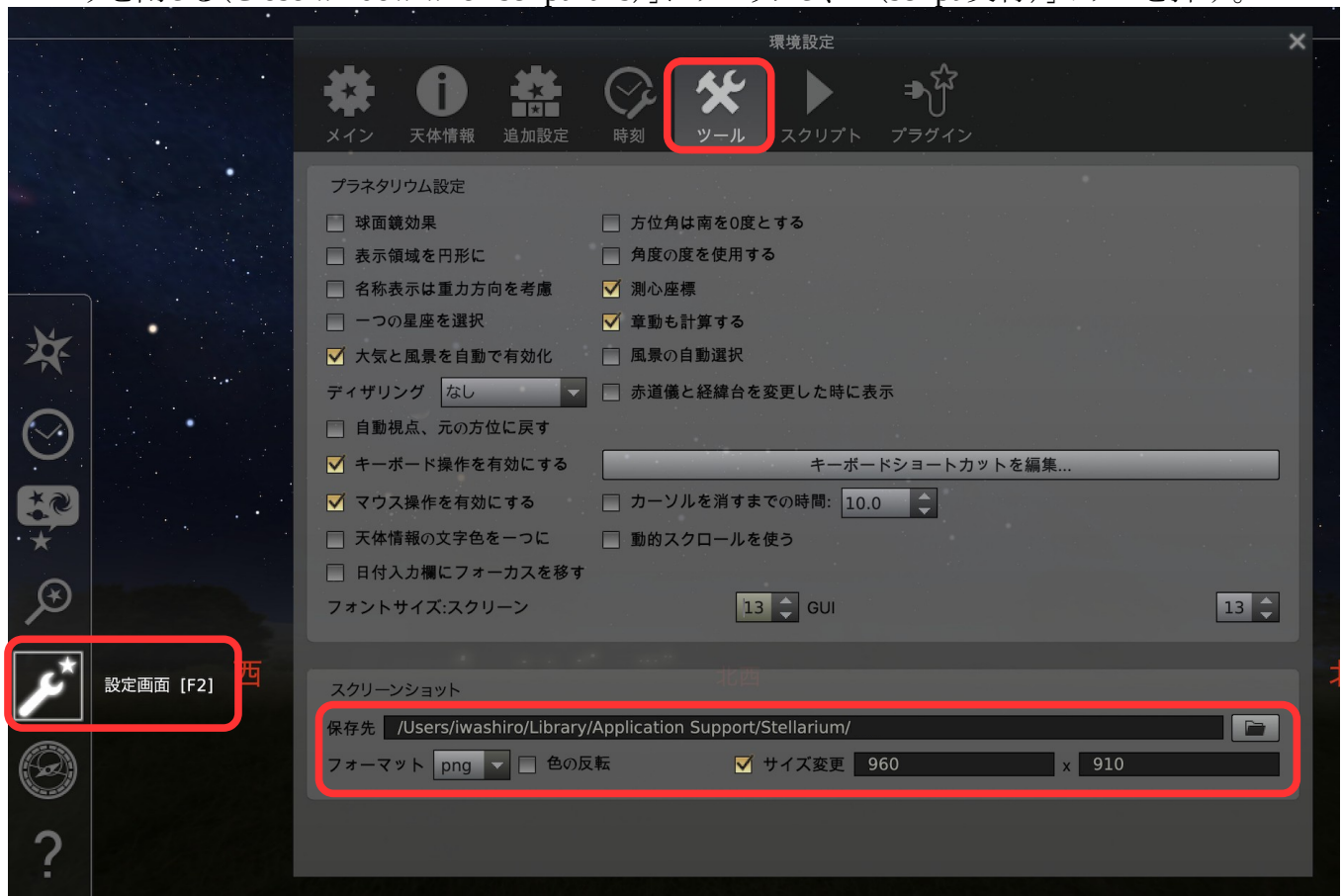




- 5 「サーバーが利用可能 (Server enabled)」と「起動時に自動的に有効にする (Enable automatically at startup)」にチェック
- 6 「ポート番号 (port)」に 8090 を設定
- 7 「デフォルトとして設定を保存 (Save settings as default)」のボタンをクリックして、設定画面を閉じる。



- 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。

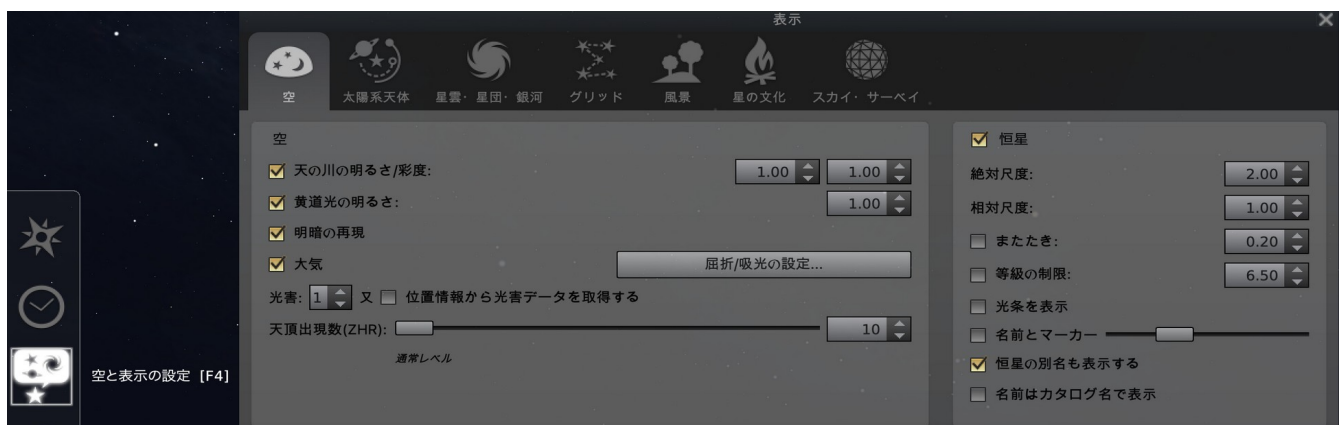


- 9 Config [F2] > Tool > Screenshot を開き、以下を設定
 保存先: 各 OS における Stellarium 設定ファイルの保存場所のパス^{※1}
 フォーマット: png
 サイズ変更 (チェックオン): 960×910

※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。

3-2. 推奨表示設定

みやすさのバランスから、空と表示設定[F4]で以下の設定値にすることをお勧めします。



空タブ

- 天の川の明るさ/彩度 ON 1.00/1.00
- 大気 ON
- 光害 1
- 恒星 ON
- 絶対尺度 2.00
- 相対尺度 1.00
- またたき OFF

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。
ご自身で用意・作成する必要があります。
- terrain フォルダ：地形データの格納 **(必須)**
terrain11.raw～terrain33.raw の広域地形 9 ファイルが必要です。
加えて terrain00.raw の狭域地形を付け加えることが可能です。



4-2. 広域地形・狭域地形データの作成

arcAstroVR では広域地形と狭域地形の2種類の地形を取り扱えます。

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「terrain4arcAstroVR」を使用し、ArcAstroVR 用の地形データを作成します。QGIS 及び terrain4arcastrovvr のインストール・使用法については、別紙「terrain4arcAstroVR.pdf」を参照ください。

QGIS 用プラグイン「terrain4arcAstroVR」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。

以下に各設定項目について記載します。

基本情報項目

- location : データのタイトル名 (文字列: 英語表記)
- country : データの国名 (文字列: 英語表記)
- timezone : タイムゾーン (HH:MM : -12:00~+13:00 未設定の場合は+0:00 になります)
- date : スタート時の日付設定 (yyyy/mm/dd : 未設定の場合は、現在時刻が設定されます)
- time : スタート時の時刻設定 (HH:MM:SS : 未設定の場合は、現在時刻が設定されます)
- mesh : メッシュ解像度を設定 (QGIS 用プラグイン terrain4arcAstroVR で詳細地形の解像度に設定した数値を入力してください)
- type : 扱う座標系を設定 (WGS84 (経緯度表記) , JP01~19 (日本平面直角座標 19 系) , UTM01~60 (UTM 座標系) のいずれかを指定。JP や UTM のあとの 2 桁の数値はゾーン番号を示す)
- center : 地形中心地点の座標設定 (type で設定した座標系の中心座標を”,”区切りで東・北の順で入力。WGS84 であれば経度,緯度(°)、JP**であれば指定したゾーン番号の Y,X 座標(m)、UTM**であれば指定したゾーン番号の E,N 座標(m)を設定)
- height : 地形中心地点の楕円体高設定 (QGIS 用プラグイン terrain4arcAstroVR でジオイド高を含めず作成した場合は、標高値を設定) (m)
- avatar : アバター (Unity Humanoid 型モデル) のデータファイル名

マーカー情報項目

([]内の数値は、マーカー番号です。1 から順番に数字を割り当てていきます。登録できるオブジェクト数に制限はありません。)

- marker[1].name : マーカーの名称 (文字列)
- marker[1].origin : 東座標, 北座標 (少数値 : (type の座標系に準じる) 度または m 必須)
- marker[1].height : 楕円体高 (または標高値) (少数値 : m 必須)
- marker[1].color : 色指定 (16 進カラー値)
- marker[1].visible : マーカーの表示/非表示 (真偽値 : true または false)

補助線情報項目

([]内の数値は、補助線の ID 番号です。オブジェクトに応じて 1 から順番に数字を割り当てていきます。登録できるオブジェクト数に制限はありません。また、end_marker を指定した場合は、start_marker と end_marker 間の線分になります。end_marker を指定しない場合は、start_marker を始点に angle に指定した角度方向に補助線が引かれます。angle には”,”区切りで複数の角度を指定することができます。)

- line[1].name : 補助線の名称 (文字列)
- line[1].start_marker : 始点となるマーカー番号 (整数値 必須)
- line[1].end_marker : 終点となるマーカー番号 (整数値)
- line[1].angle : 始点から始まる補助線方位 (少数値 : 度。”,”区切りで複数表記可)
- line[1].color : 色指定 (16 進カラー値)
- line[1].visible : 補助線の表示/非表示 (真偽値 : true または false)

オブジェクト情報項目

([]内の数値は、オブジェクトのID番号です。オブジェクトに応じて1から順番に数字を割り当てていきます。登録できるオブジェクト数に制限はありません。)

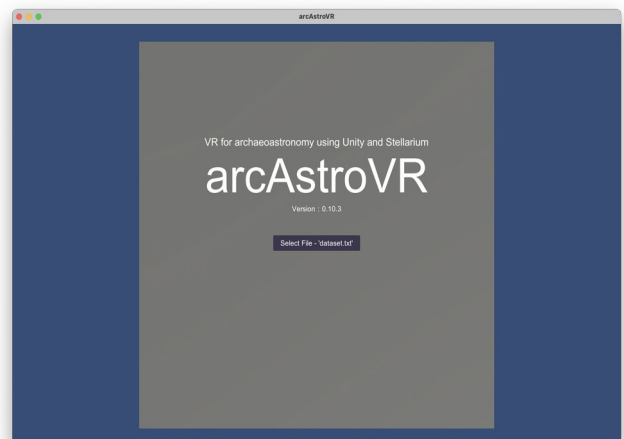
- dataset[1].name：オブジェクトの名称（文字列）
- dataset[1].file：オブジェクトのデータファイル名（文字列：必須）
- dataset[1].origin：東座標, 北座標（少数値：度またはm（typeの座標系に準じる）必須）
- dataset[1].height：楕円体高（または標高値）（少数値：m 必須）
- dataset[1].rot_E：オブジェクト原点での東軸時計回り回転（少数値：度）
- dataset[1].rot_N：オブジェクト原点での北軸時計回り回転（少数値：度）
- dataset[1].rot_H：オブジェクト原点での上軸時計回り回転（少数値：度）
- dataset[1].scale：オブジェクトの倍率（少数値：倍）
- dataset[1].start：存在開始年（整数値）
- dataset[1].end：存在終了年（整数値）
- dataset[1].visible：オブジェクト表示のON/OFF（真偽値：true または false）

以上、全ての設定を終えると arcAstroVR を実行できます。

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. 日時設定

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（スライドバ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。

スライドバーの両脇には、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、マウスの左ボタン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。

- 視点方向：「マウス左ドラッグ」（視点が移動します）
- 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）
- 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）
- 高速移動：「Shift」Key（押しながら移動をすると、高速移動できます）
- 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）
- 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）
- 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）

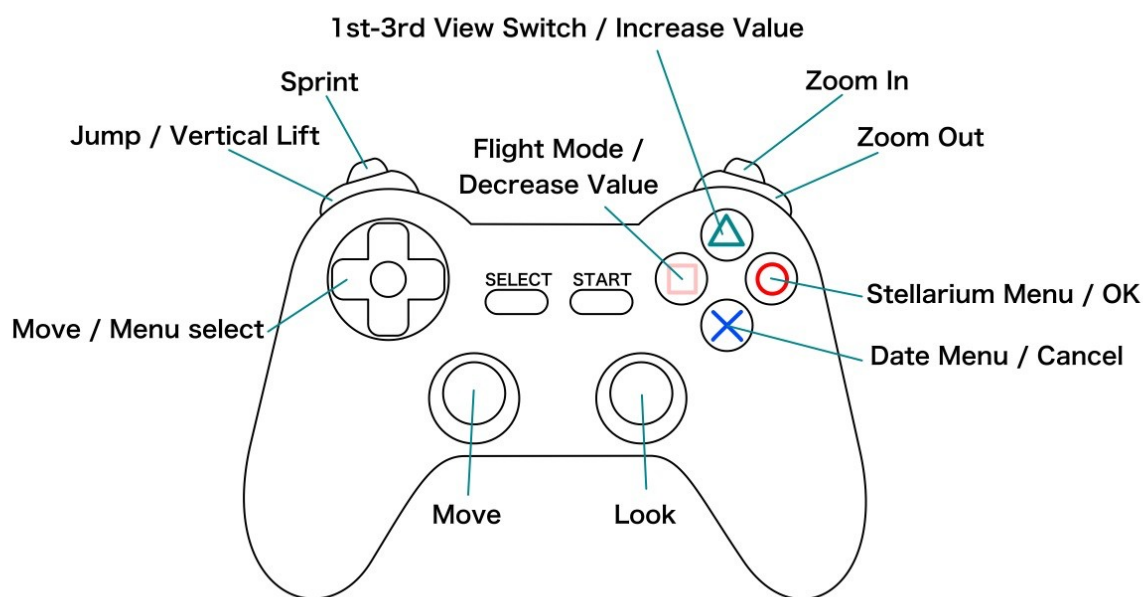
表示の切り替えは、メニューボタンまたはキーボードで行います。

- 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

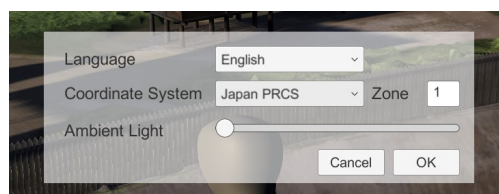


6-3. 表示設定

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。
- 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. 環境光

Ambient Light のスライダーから環境光の調整ができます。通常設定では一番右になります。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、地上を表示することができるようになります。

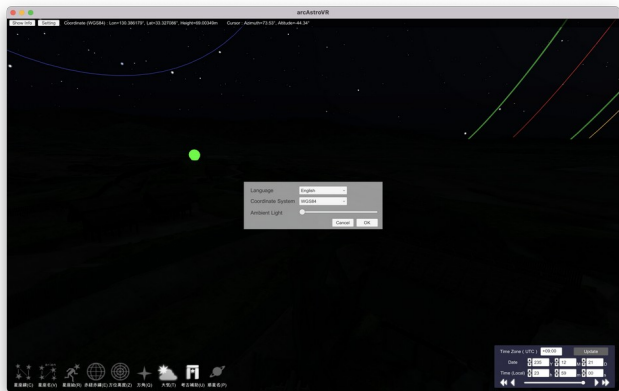


Fig 7: 追加環境光 Min

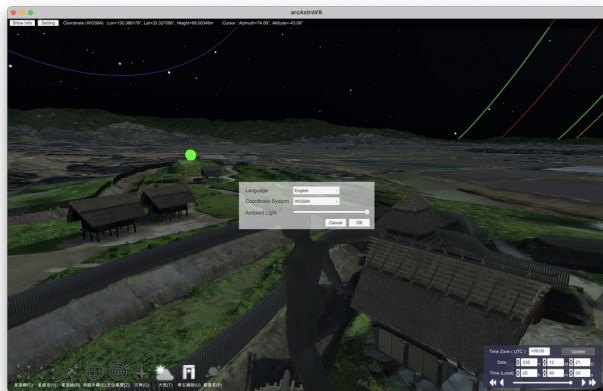
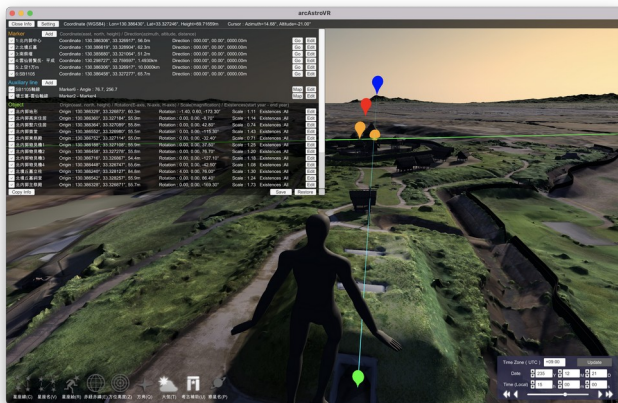


Fig 6: 追加環境光 Max

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・楕円体高
(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)

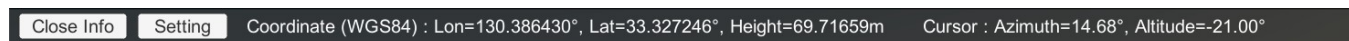


Fig 8: トップバー

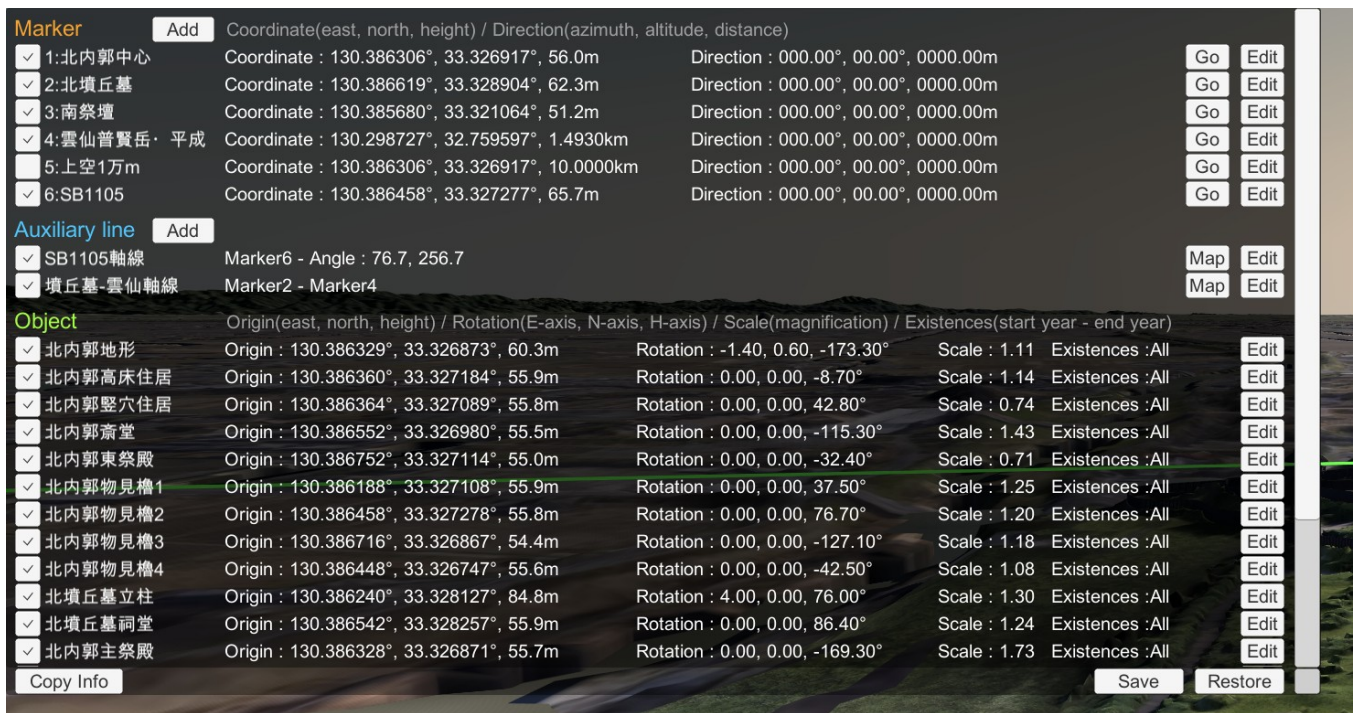


Fig 9: 情報 Window

情報 Window には、以下の内容が表示されます。

- ・ マーカーの座標・楕円体高、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・楕円体高、限定からの回転角、スケール、存在の開始年・終了年

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)。



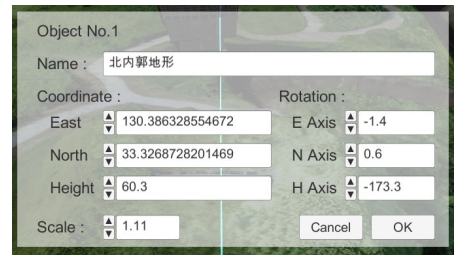
Fig 10: Add や Edit による編集画面 (マーカーと補助線)

6-4-5. 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)



6-4-6. 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ーを中心とした、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。



6-4-7. 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。

6-4-8. 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。

6-4-9. 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。

Name	No.	Longitude(°)	Latitude(°)	E height(m)	Azimuth(°)	Altitude(°)	Distance(m)	Existence
北内郭中心	1	130.386306	33.326917	56	191.072908	-84.89491309	9.04142	
北内郭本屋	2	130.386418	33.326904	51.6	7.510961658	-1.915809256	221.6181	
南倉庫	3	130.3856798	33.32106368	51.2	185.1392501	-1.214410905	652.7528	
豊仙曹賢点・平成新山	4	130.298727	32.759597	1493	187.4317336	1.042864203	63459.66	
上室17m	5	130.386306	33.326917	10000	191.072908	90	9934.994	
DB1105	6	130.3864979	33.3272774	65.7432	19.64804683	1.015569251	41.61148	



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。

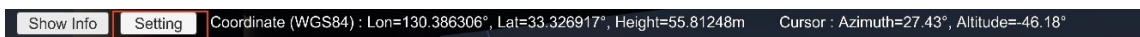
- Meta(Oculus) Rift / Quest / Quest2 (Oculus Link モード)

ただし、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。

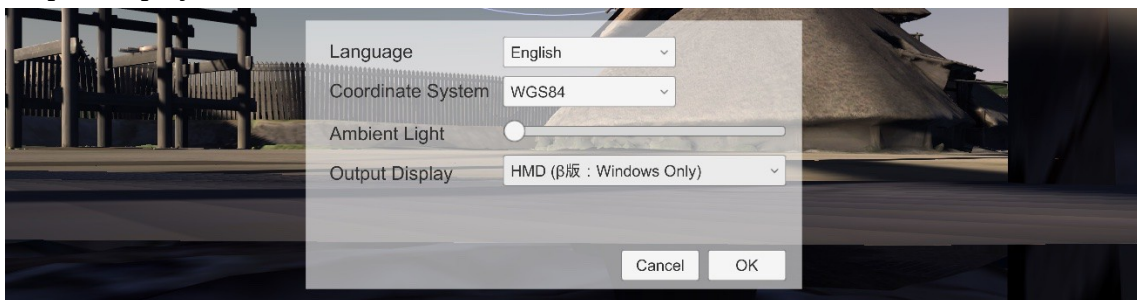
7-1. HMD の接続・起動

以下の手順で、起動してください

1. Oculus アプリケーション (<https://www.oculus.com/setup/>) を起動します。
2. Oculus Link ケーブルで、HMD と PC を接続します。
3. HMD 内の表示に「Oculus Link をオンにする」という表示が出た場合は、「オンにする」をクリックします。
4. Quest / Quest2 の場合は、HMD 内の Quest ホーム画面の設定欄から、「Oculus Link」をクリックし起動してください。
5. PC 上で、Stellarium を立ち上げます。
6. PC 上で、arcAstroVR を立ち上げ、dataset.txt を読み込みます。
7. arcAstroVR のトップバーのメニューから Setting をクリックし、Settings ダイアログを開きます。



8. Output Display のプルダウンから HMD を選択します。

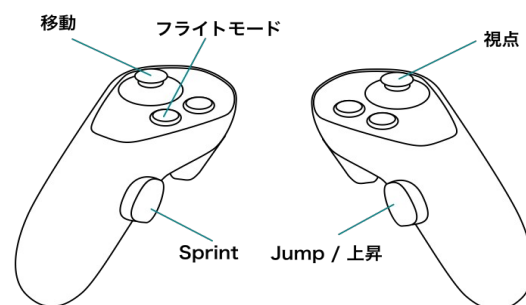


9. HMD を装着します。

7-2. HMD の操作

右図のボタンで移動操作が可能です。

※β版のため、HMD 用 UI はまだ実装されておらず、移動操作のみ可能です。設定や表示の変更などは、パソコン画面上で操作してください。

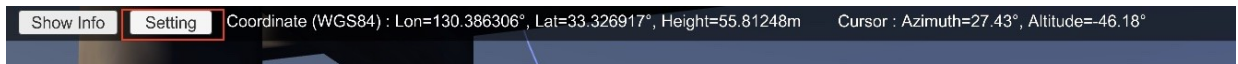


8. ドームマスター

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。

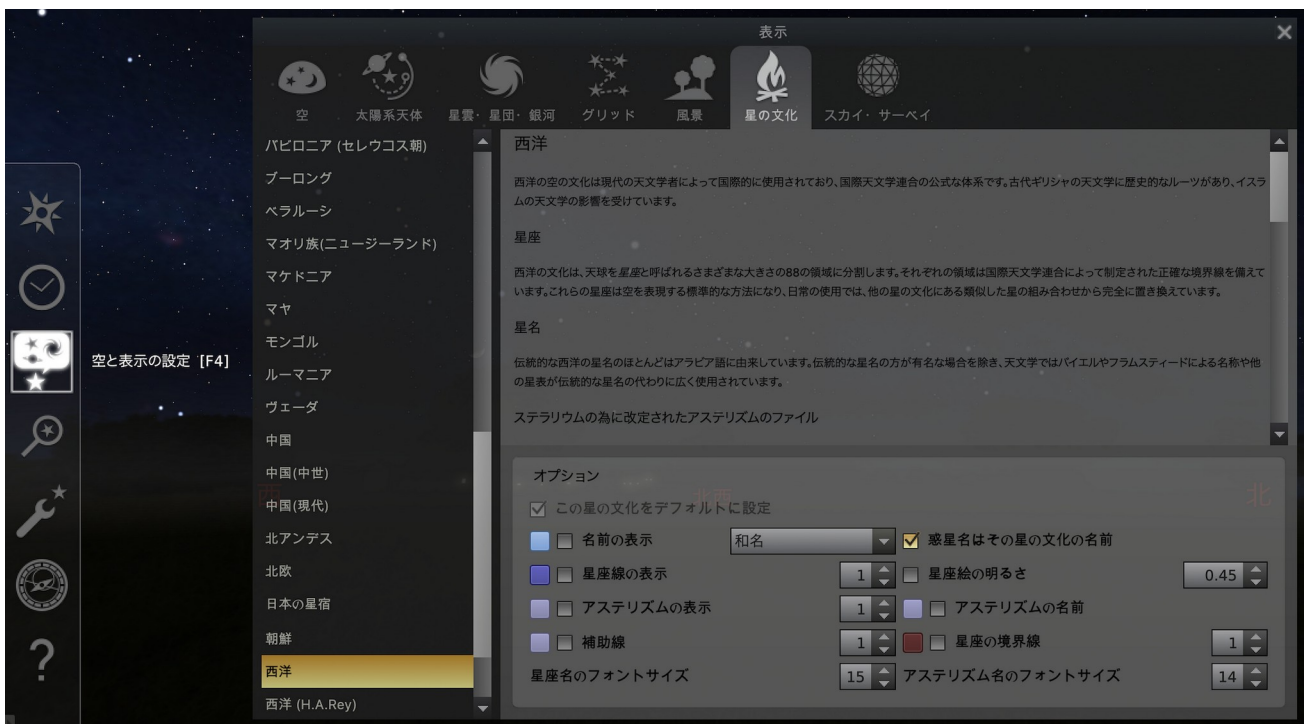
※β版のためUIがドーム対応になっていません。ドーム出力をする場合は、UIの非表示や移動を行い、UIがドーム画面に映らないように工夫してください。

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. 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。

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
- **Dome Tools**
Authors: At-Bristol
Contact: <http://at-bristol.org.uk>
Version: 1.1
Licence: Unity Asset Store standard EULA
- **TriLib2**
Authors: Ricardo Reis
Contact: <https://ricardoreis.net>
Version: 2.1.0
Licence: Unity Asset Store standard EULA

問い合わせ先

office@arcAstroVR.org