

arcAstro-VR 開発報告

関口和寛（国立天文台）、岩城邦典（scienceNODE）、北條芳隆（東海大学）

我々は、考古遺構を実測や記録から再構築し、過去の天体現象のシミュレーションに応じた効果を仮想 3D 空間として体験できるコンピューターシステム、arcAstro-VR の開発を行っています。arcAstro-VR は、高い精度で過去の星空を再現することが可能なオープンソースのデスクトッププラットフォームソフトウェアパッケージである Stellarium をベースとして、LiDAR や Photogrammetry により測量した構造物のデータを 3D 化して背景となる地形と天体のデータと合わせて可視化することが出来ます。また、VR 空間の中を自由に移動したり、設定を変更することで考古遺構と背景の天体現象との関係についてさまざまな検証が行えます。最新のバージョン (Ver0.17.3) は、Meta Quest (Oculus Quest) に対応して MetaLink で PC と接続することにより、HMD を通して VR 空間を体験できます。また、補助線の始点となるマーカーを中心としたコンパスマップ表示機能、魚眼レンズでドームに 360 度投影が可能なドームマスター出力、任意の場所に水面を設置して水面からの反射をシミュレートする機能、等が追加されました。arcAstro-VR はオープンソースとして、GNU General Public License バージョン 3 の条件に基づいてライセンス供与されており、Windows (Windows 8 以上) および macOS (MacOS 10.14 以上) で利用できます。詳しくは <https://arcastrovr.org/ja/> を参照ください。このサイトには arcAstro-VR を使った例として、佐賀県にある吉野ヶ里遺跡の仮想再現モデルが紹介されています。

arcAstro-VR

arcAstro-VR は、考古遺構を実測や記録から 3D データとして再構築し、地形・天文現象のデータと合わせてパソコンで VR 再現するアプリケーションです。LiDAR やフォトグラメトリで測量した考古遺構のデータを 3D 化して可視化することができ、再現した VR 空間の中を自由に移動したり、設定を変更してさまざまな仮説の検証が行えます。

arcAstro-VR を使うことにより；

- ・自分で用意した 3D モデルや遺構データの取り込み、
 - ・3D モデルの表示・非表示や移動、マーカーの設置、補助線の設置、
 - ・マウス・ゲームコントローラ等を使った VR 空間の自由な移動、
 - ・BC2000 年～ AD6000 年の間隔での高精度な天文現象の再現、
 - ・太陽や月を光源とした日照や影、水面反射の検証が出来ます。
- * 詳しくは <https://arcastrovr.org/ja/> を参照ください。



arcAstro-VR の新機能

arcAstro-VR は、ユーザーからの要望を受けて、考古学上必要と思われる新しい機能を追加しています。最新の Ver.0.17.3 は、Meta Quest (Oculus Quest) に対応して MetaLink で PC と接続することにより、HMD を通して VR 空間を体験できます。また、補助線の始点となるマーカーを中心としたコンパスマップ表示機能、魚眼レンズでドームに 360 度投影が可能なドームマスター出力、任意の場所に水面を設置して水面からの反射をシミュレートする機能、等が追加された。arcAstro-VR はオープンソースとして、GNU General Public License バージョン 3 の条件に基づいてライセンス供与されており、Windows (Windows 8 以上) および macOS (MacOS 10.14 以上) で利用できます。

コンパスマップ機能



・補助線の始点となるマーカーを中心としたコンパスマップ (直上のオルソマップに方位を加えたもの) を表示することが出来ます。

ドームマスター出力対応

- ・魚眼レンズでドームに 360 度投影が可能 (ドームマスター形式) になりました。
- ・画角指定と方位指定も可能 (進行方向固定や方位角度固定など) です。



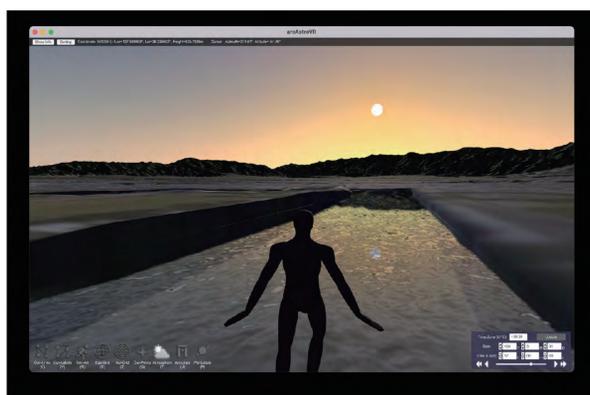
HMD 対応



- ・Meta Quest (Oculus Quest) に対応 MetaLink で PC と接続することにより、HMD を通して VR 空間を体験できます。
- ※Windows のみ対応

水表現

- ・任意の場所に水面の設置が可能です。
- ・水面の反射をシミュレート出来ます。



3D モデル作成について

2021 年～ 2022 年にかけて吉野ヶ里遺跡の 3D 測量を実施し、以下の手順で arcAstroVR 用の 3D モデル化を行いました。

1. 測量データから点群を作成
2. 点群を地形や樹木、建物等に分類し、ノイズ処理
3. 分類した点群を基に、地形の低ポリゴンモデルを自動生成
4. 分類した点群を参考に、建物の低ポリゴンモデルを手動作成
5. 低ポリゴンモデルに対し、ノーマルマップを作成し、詳細モデルを作成
6. 低ポリゴンモデルに対し、テクスチャマップを作成
7. 3D モデルを出力

空撮測量データの処理

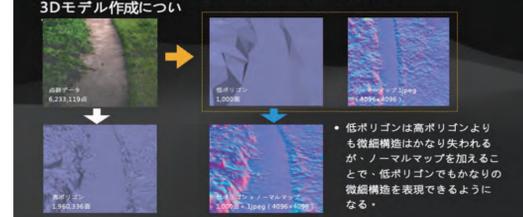
- ・Agisoft 社 Metashape により、点群を地形と建物に分離する。
- ・地形の点群については、Metashape のポリゴン化機能で最高精度 (ノーマルマップ作成用) と 10 万ポリゴン指定カスタム精度 (実際に使用するポリゴン用) の両出力を行う。
- ・建物の点群については、最高精度 (ノーマルマップ作成用) ポリゴンのみ出力。実際に使用する低ポリゴンは CG ソフトの Blender で別途手動作成するので、ここでは出力しない。



低ポリゴン化とノーマルマップ

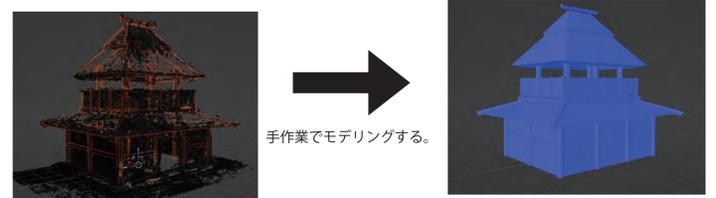
- ・ポリゴン数が削減されると微細構造が失われる。それを補完するためにノーマルマップを作成する。

ノーマルマップを使った場合の効果

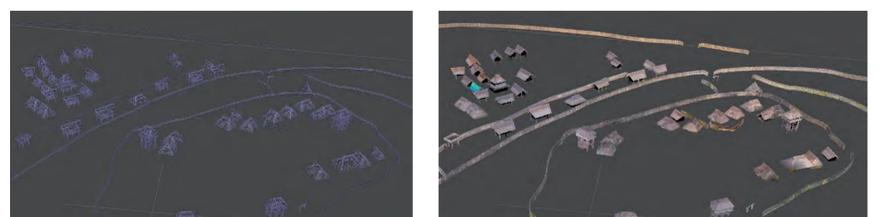


- ・ノーマルマップとは、ポリゴンに貼り付ける画像ファイル (テクスチャ) の一種で、ポリゴン表面の凹凸を画像にしたもの。細かい凹凸のポリゴンを画像化することで、ポリゴン数の削減ができると共に、ポリゴン表面の凹凸をノーマルマップから擬似再現することができる。
- ・遠くに小さく見える Object でも、ポリゴンは全データを構築しないと見えないが、テクスチャは見かけの大きさに応じて画像の圧縮が可能で、精度にも影響をさせない。

建物のモデリング処理とテクスチャ処理



- ・CG ソフトで作成した建物の 3D モデルを Metashape に読み込み、この 3D モデルをベースにしたテクスチャとノーマルマップを作成することで、高精度モデルとして対応させる。



- ・360 度カメラと iPhone/iPad の LiDAR スキャナで作成した建物の点群を位置合わせ・統合したのち、CG ソフト (Blender を使用) に読み込んで、参考にしながらモデリングを行う。

arcAstroVR の 3D データの限界

- ・吉野ヶ里全域の 3D 化の際、最高ポリゴンの出力のままでは、重すぎでほぼ動かず、3D Game 同様の低ポリゴン化の工夫が必須であった。
- ・軽さの指標としての、低ポリゴン、高分割、低容量化が必要。
- ・GPU : Radeon Pro 580、CPU : Intel Core i7、メモリ : 20GB のスペックを持つデスクトップ PC (2017 年製 iMac) において、arcAstroVR において動作するモデルとしては、総数 200 万ポリゴン以内を目安にするのが妥当。