



# 考古遺構と背景天体の可視化ソフト "arcAstro-VR"を使った考古天文学

関口和寛(自然科学研究機構/国立天文台)

第9回文理融合シンポジウム  
2024年11月2日



2024年10月13日夕方の紫金山・アトラス彗星(C/2023 A3)  
©長山省吾

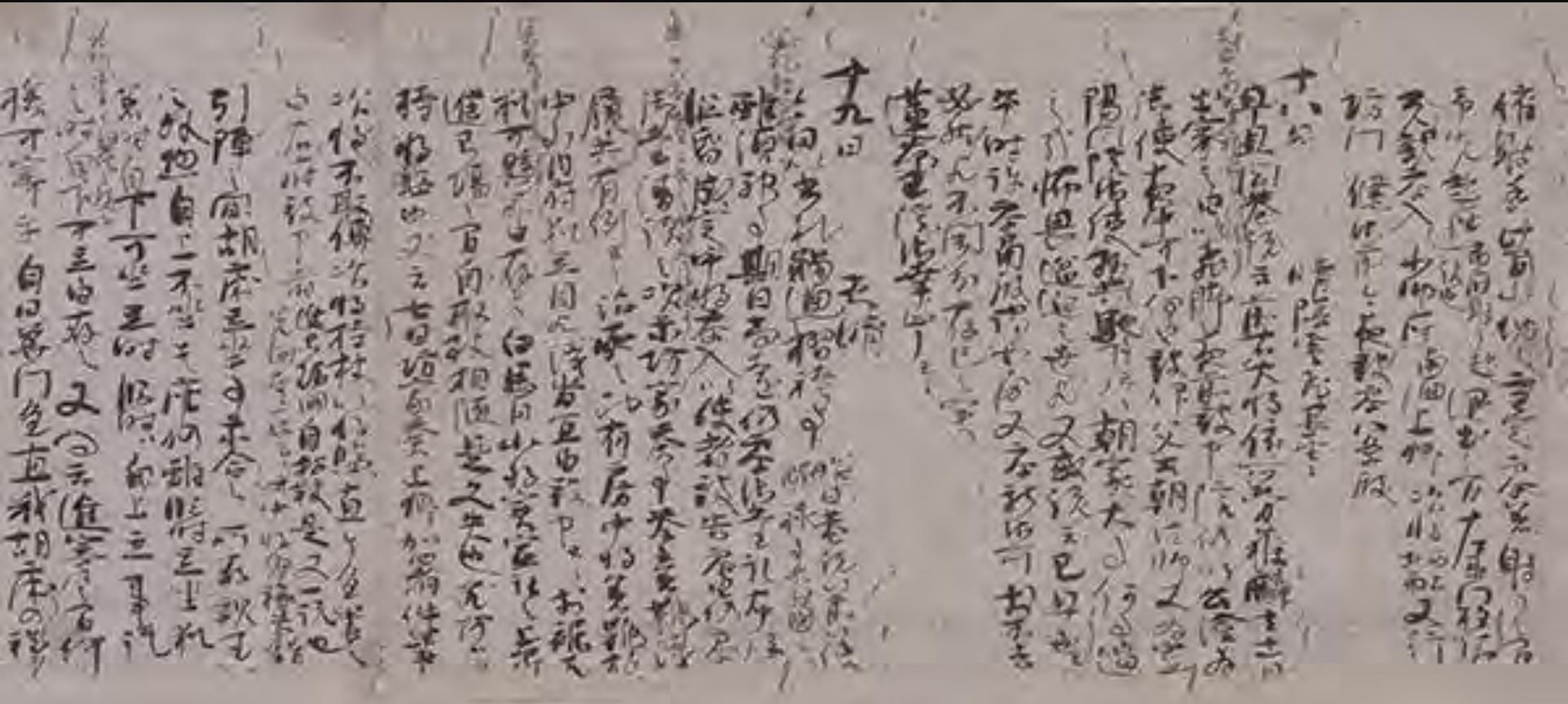


アラスカのオーロラ  
Photo by Senior Airman Joshua Strang (USAF)





藤原定家(1162-1241)が残した『明月記』には、1204年2月21日と23日、京都でオーロラが見えたとの記述があります。



## 満月の大きさをくらべ

イメージ図



2016年 最大の満月 11月14日 22時52分

視直径<sup>※</sup> 33分30秒角



2016年 最小の満月 4月22日 14時24分

視直径<sup>※</sup> 29分24秒角

※視直径は、地球の中心から月までの距離をもとに計算しています。

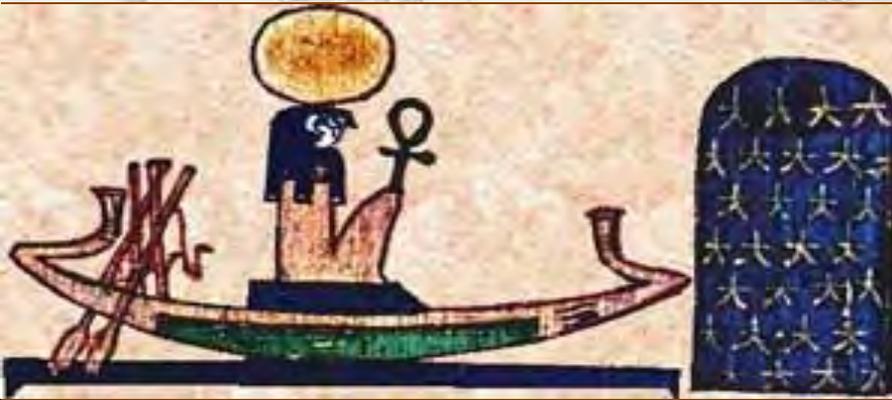
国立天文台 天文情報センター

# スーパームーン

天文学は遠く空の彼方の天体を観測して研究する。

私たちの日常生活とかけ離れたもの？

# 天体現象と私たち人間の関係



太陽の円盤で飾られた太陽の船に乗って空を毎日航海するラー神

古代社会においては、空に見える天体現象は日常生活の一部でした。

- ・天体現象は先史時代から人類の関心を引き続け、星や月といったシンボルが多くの非文字文化の芸術作品等に見られます。



バビロニアの境界石 Wikipedia

# 天体現象と私たち人間の関係

- ・ 天空で変化する惑星の位置
- ・ 夜ごとに変化する月の位置と満ち欠け
- ・ 季節との関係における太陽の動き
- ・ 等

これらの天体現象は、自然と人間の関係についての概念、とりわけ時間と季節の概念と結びついて私たちの祖先によって認識されました。

そして宗教や科学の発展に大きな影響を与え、文化の基盤を成す要素となりました。





## 本日のお話:

新に開発した“考古学向け天体シミュレーションソフト **arcAstro-VR**” の概要と、それを使った例として、岡山県にある造山古墳方位の考察と佐賀県吉野ヶ里遺跡の仮想再現モデルを紹介します。



# 考古天文学 (Archaeoastronomy)

考古天文学は、遺跡や遺構などからの考古学的発見を古代の天文学や天文現象の観察、すなわち光学機器を使わずに目に見える天体の動きの解釈、と結びつけたものです。

・考古天文学の主な関心領域は、太陽が至点で昇る・沈む位置や、月の南中高度や出入り方位の極端な位置など、天体観測に基づく先史時代や歴史的建造物の方位分析です。

・また、古代文化が天文現象をどのように解釈し、それを慣習や建築に取り入れたかにも焦点を当てています。たとえば、記念碑と天体の配置などが挙げられます。



# 天体と地上の構造物との位置関係

・至点のような特定の日時での天体の位置や方向が、考古学的構造と関連する証拠が示されています。\*1, \*2, \*3

・先史時代のモニュメントの配置と向きを分析することで、それらのモニュメントを建てた人々の空間的認識を解釈することができます。

\*1 Belmonte, J. A. (2015). Solar Alignments - Identification and Analysis. In *Handbook of Archaeoastronomy and Ethnoastronomy* (pp. 483-492). [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-6141-8\\_36](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-6141-8_36)

\*2 González-García, A. C. (2015). Lunar Alignments - Identification and Analysis. In *Handbook of Archaeoastronomy and Ethnoastronomy* (pp. 493-506). [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-6141-8\\_37](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-6141-8_37)

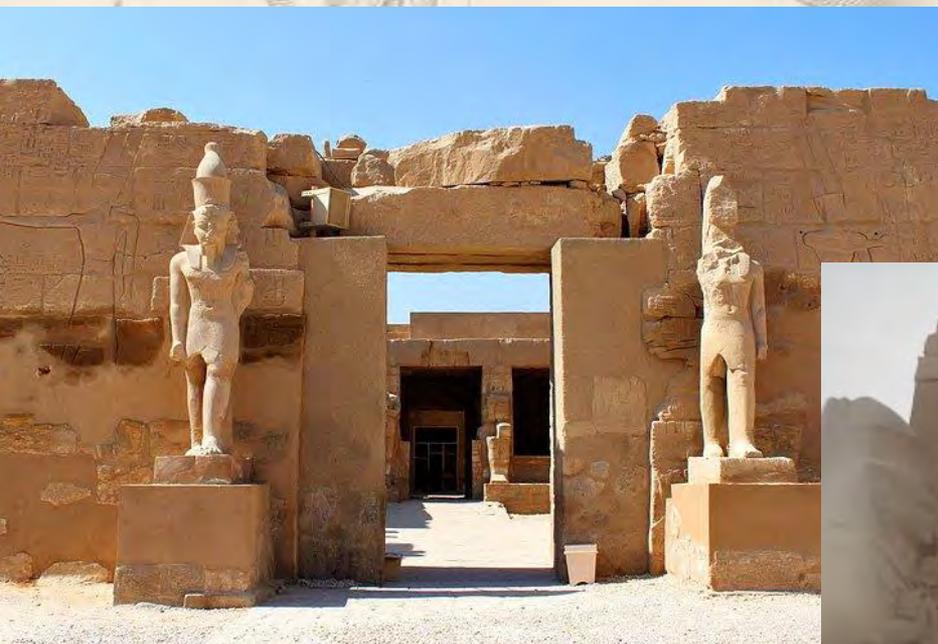
\*3 Ruggles, C. L. N. (2015). Stellar Alignments - Identification and Analysis. In *Handbook of Archaeoastronomy and Ethnoastronomy* (pp. 517-530). [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-6141-8\\_39](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-6141-8_39)

# 時空間認知と記念碑的建築物

「時空間認知」とは、空間と時間の理解と認識を指します。古代、寺院などの記念碑的建築物は、しばしばこの認識の現れとして機能し、人間の領域と宇宙の秩序とのつながりを表しました。このような記念碑的建築物は通常、宇宙と地上との関係についての理解を反映して、天体の配列と天文現象を注意深く考慮して建てられました。

天体観測はこの関係において重要な役割を果たします。古代文明は、太陽、月、星、惑星などの天体の動きを研究することで、天体の周期、季節、気象パターンに関する知識を獲得しました。この理解により、彼らは農作物の収穫を予測し、宗教的および社会的行事を計画し、暦を確立することができました。

# 天体と地上の構造物との位置関係



エジプトのカルナック神殿

カルナックのアメン寺院には、真冬の昇る太陽にのみ照らされる通路があります。



# 天体と地上の構造物との位置関係

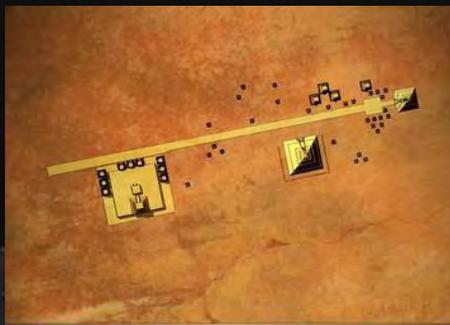
クukulカンのピラミッドは年に2回、蛇のような影を作ります。

昼夜の長さが同じである場合に起こります。

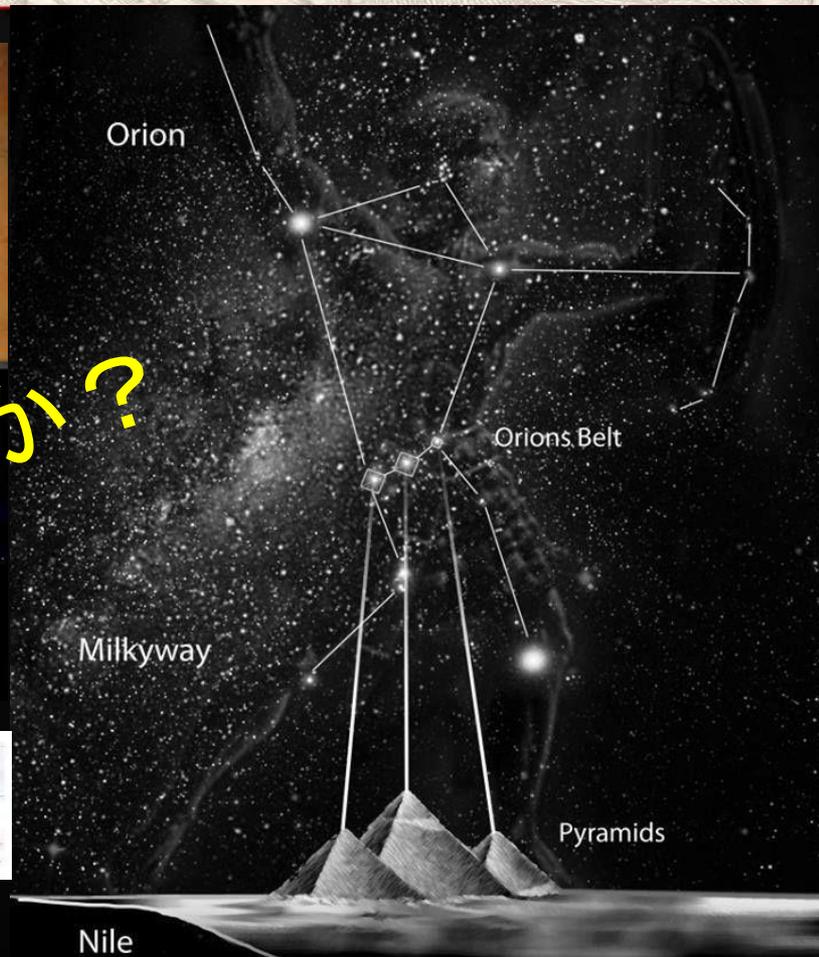
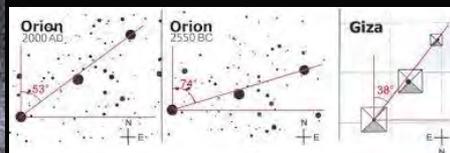


メキシコの手チエン・イツツァ遺跡、カスティーヨ ピラミッド

# 天体と地上の建造物との位置関係



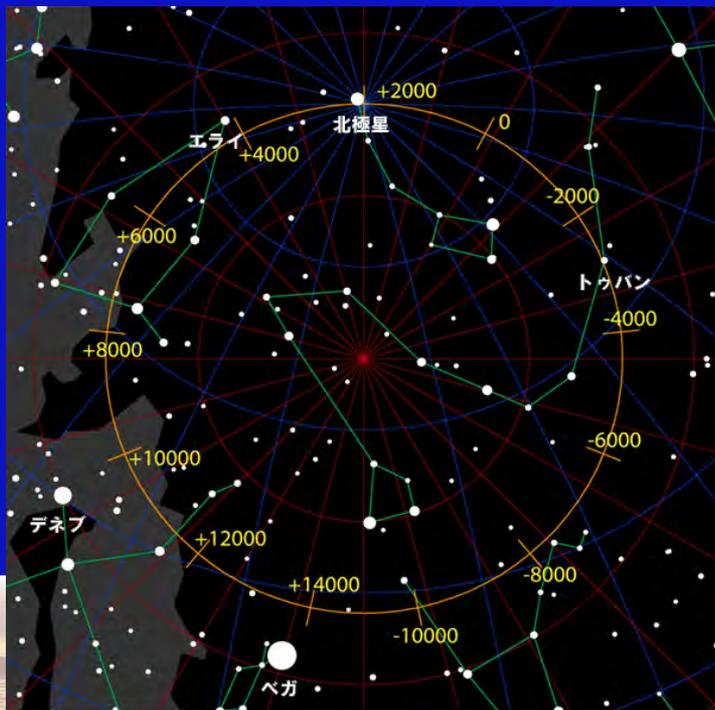
これらは本当か？



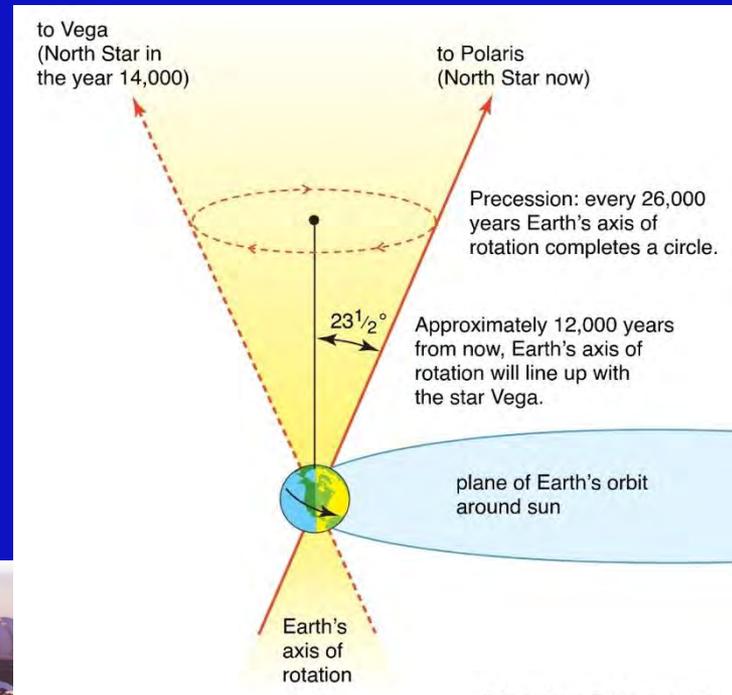
エジプト、ギザの3大ピラミッド

# 古代の時空景観を再現する

しかし、地球の歳差運動などの影響により、今日私たちが見る天体の位置と古代の人々が見た天体の位置は同じでは無い。そのため、天体と遺構を含む地上の景観との位置関係を過去にさかのぼって視覚的に表現し、検証する必要がある。



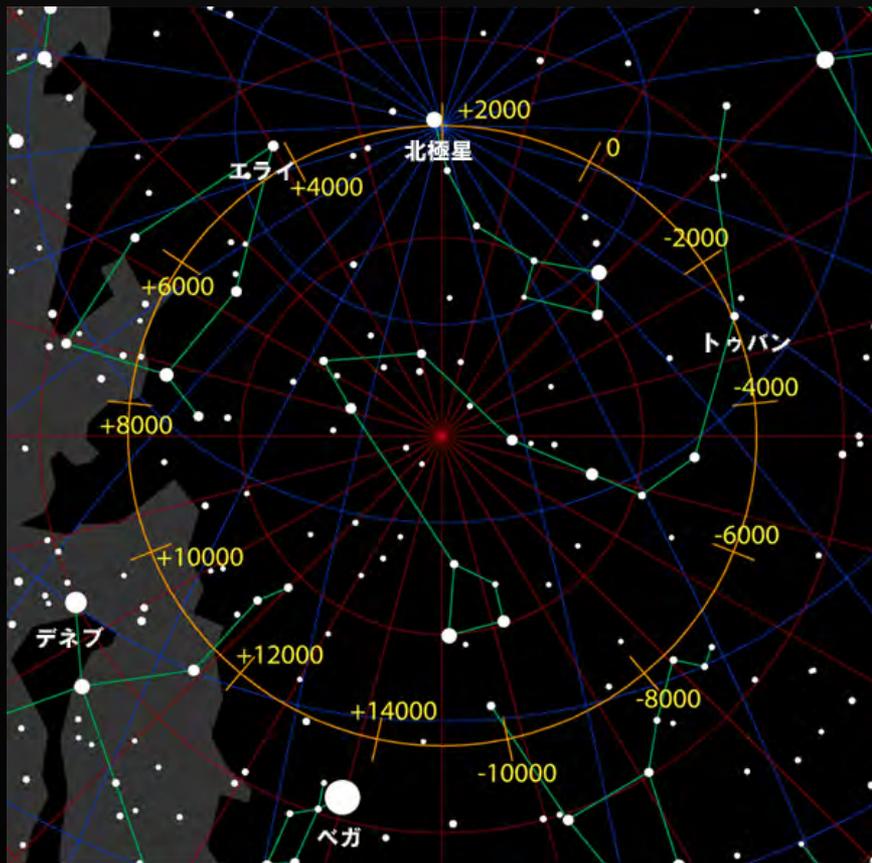
出典：Wikipedia



© Encyclopædia Britannica, Inc.

# 天文シミュレーションの必要性

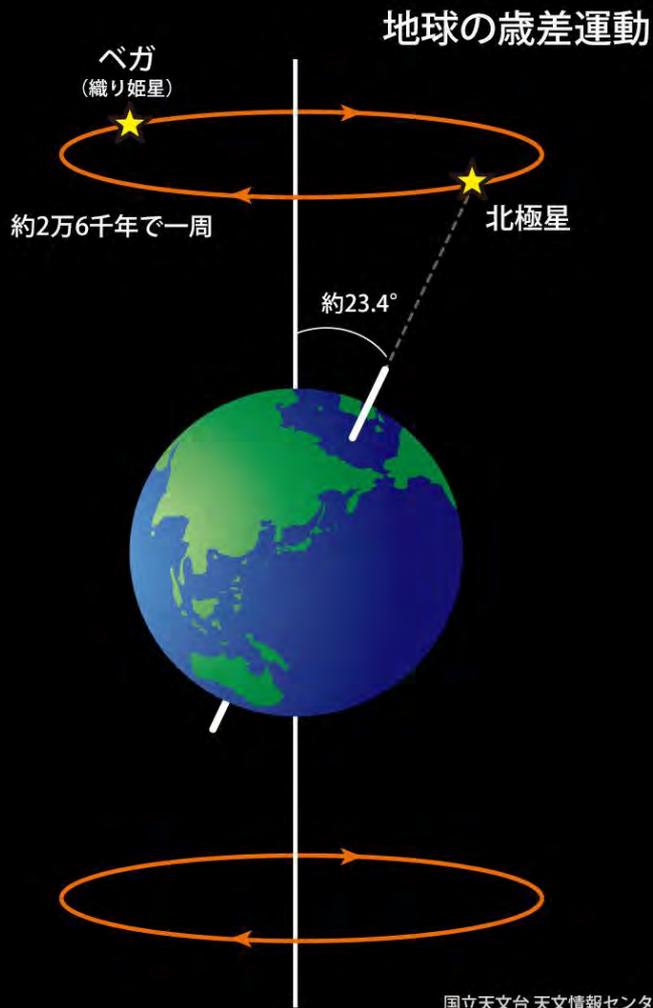
地球の歳差運動等のために、今日我々が見る天体の位置と古代の人々が見た天体の位置は同じではありません。



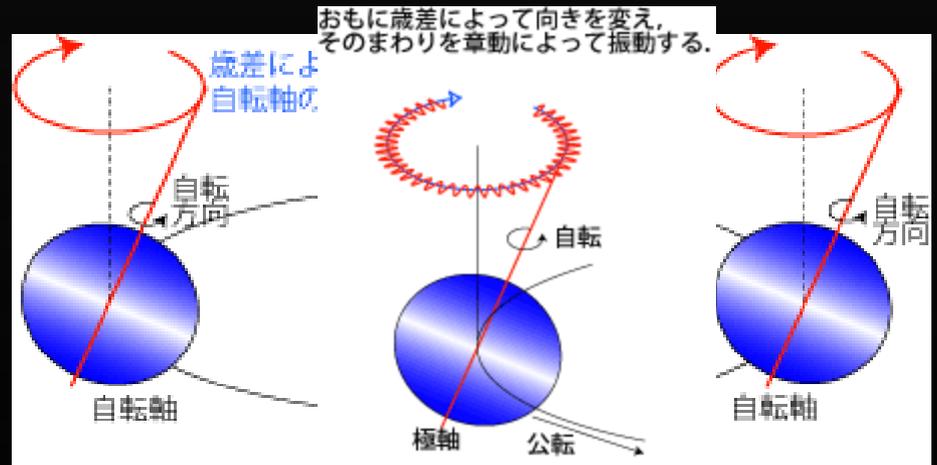
・今日の天の北極から1度以内にある北極星(ポラリス)は、西暦1600年には北極から約3度離れていました。(西暦1000年頃まで遡ると、ポラリスは極から6度離れていたため、何時頃から「北極星」として認識されたのか。)

・一方、りゅう座アルファ星(トゥバン)は、今日の極からは25度離れていますが、紀元前2800年頃には1度以内にあったため、古王国時代の初め頃の古代エジプト人にとって「北極星」でした。

# 歳差・章動と地球の向きの変化



太陽の周りの年間軌道を進むにつれて、地球も1日1回、それ自体の軸を中心に回転します。これにより、宇宙で同じ方向が維持されます。歳差運動が発生するのは、遠方の星に対する地球の軸の向き(地球が太陽の周りを周回しているという事実とは無関係)が、25,800年の周期でコマのように徐々に回転するためです。



# 過去の天空と風景を再現し、視覚化する

過去における天体の見掛けの位置変化の他にも、遺構その物の保存状態も良いとは限りません。

アンコールワット



パルミラ遺跡

# 過去の天空と風景を再現し、視覚化する

簡単にアクセスできない場所や、歴史的建造物が地震などの自然災害や意図的な人間の行動によって破壊された場所の調査が必要になります。

ダムに沈んだ古代遺跡（ポルトガル）



愛知県瀬戸市「大平窯跡」



# 過去の天空と風景を再現し、視覚化する

さらに、至点などの特定の日付での調査が必要だったり、数か月または数年にわたって観察することは困難です。

そこで、興味ある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の開発が必要です。



# 古代の時空景観を再現する

arcAstro-VR <https://arcastrovr.org/ja/> は、考古学的構造物、周囲の風景、およびそれに対応する過去の天体の正確な配置と動きを、仮想3D空間として再現することで、考古天文学および文化天文学的な調査のための視覚的な分析に使用できるシステムとして開発されました。



The image shows a screenshot of the arcAstroVR website. The top part is a dark purple header with the text "arcAstroVR" and navigation links. Below the header is a main content area with a large image of a virtual landscape and a list of features. The features include: 天文シミュレーター (Sky simulator), 3Dモデル (3D models), アバター (Avatar), 環境光線追跡 (Environment light ray tracking), 球座標正 (Orthographic projection), 表示座標系 (Coordinate system), マーカー機能 (Marker function), and マウス/ゲームコントローラー操作 (Mouse/Game controller operation). Below the features is a large image of a virtual environment with a traditional Japanese building and the word "Explore" overlaid. The bottom of the screenshot shows a Windows taskbar with various icons and the system tray.



<https://arcastrovr.org/ja/index.html>

VR for archaeoastronomy using Unity and Stellarium

# arcAstroVR

Version : 0.16.1



Loading : terrain33





# 造山古墳と石津丘古墳

岡山県にある造山古墳は5世紀前半に築造された墳丘長350mを誇る巨大前方後円墳である。その墳丘規模や平面プランは大阪府の石津丘古墳（伝履中天陵）と酷似することが考古学研究者の間では注目されてきた。



# 造山古墳と石津丘古墳



- ・造山古墳と石津丘古墳の類似は平面プランだけではない。墳丘自体の軸線方位は真北から約 $29^{\circ}$  東に振れる点での共通点がある。

- ・石津丘古墳の墳丘軸線は、北に隣接する墳丘長さ480mの大仙古墳（伝仁徳天皇陵）と同様に真北から東に $28.6^{\circ}$  振れる。

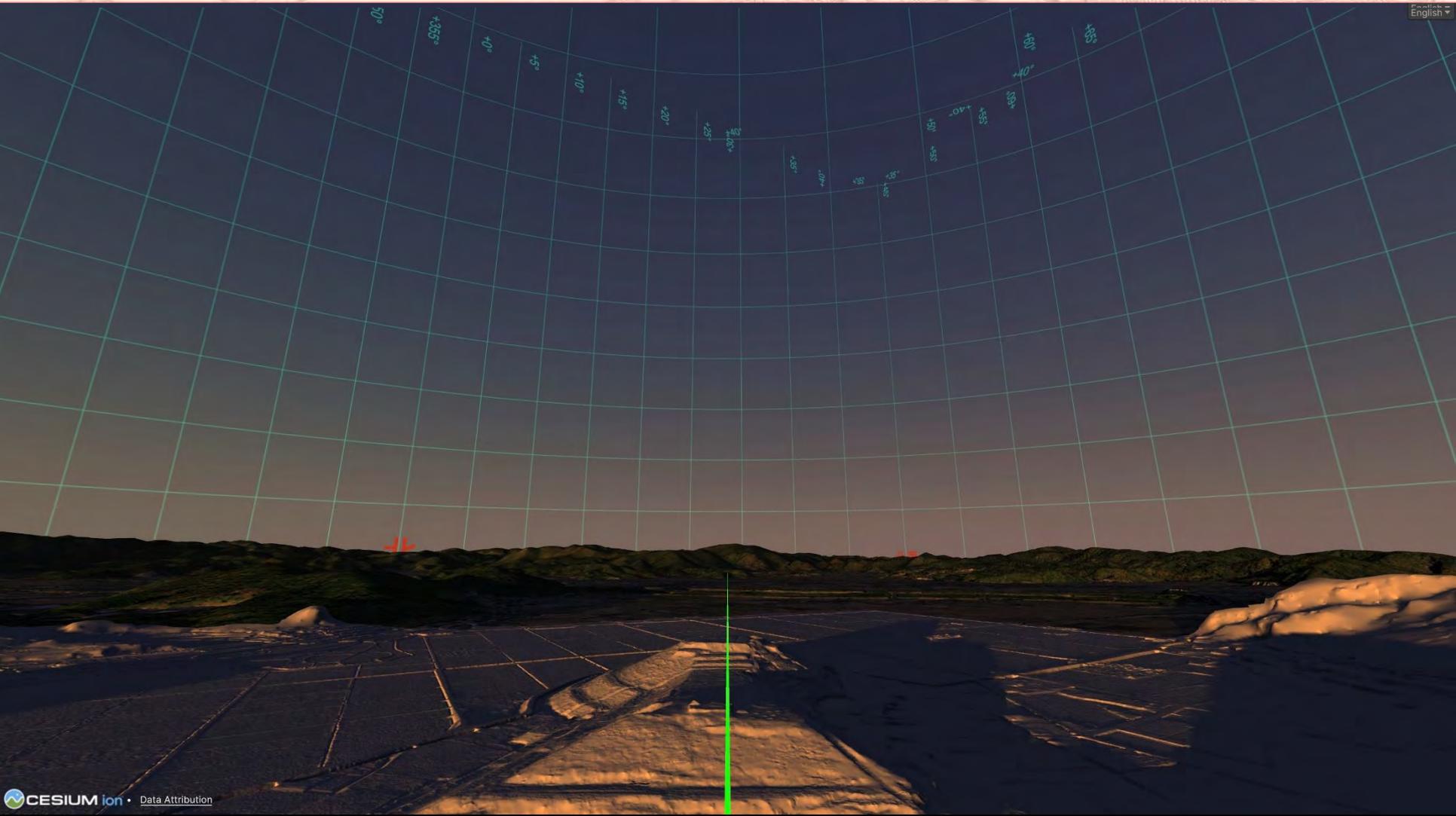
石津丘古墳と大仙古墳の場所から直線距離にして154km隔てる造山古墳も同様の方位設定なので、共通した方位観測法があった可能性が高い。

# 造山古墳と石津丘古墳



そこで造山古墳を対象にLiDAR測量調査をおこない、方位観測法を探ることにした。また中心埋葬は地下に遺存すると推定されるので、地中レーダー探査を行い埋葬施設の軸線を探った。

# 造山古墳と石津丘古墳

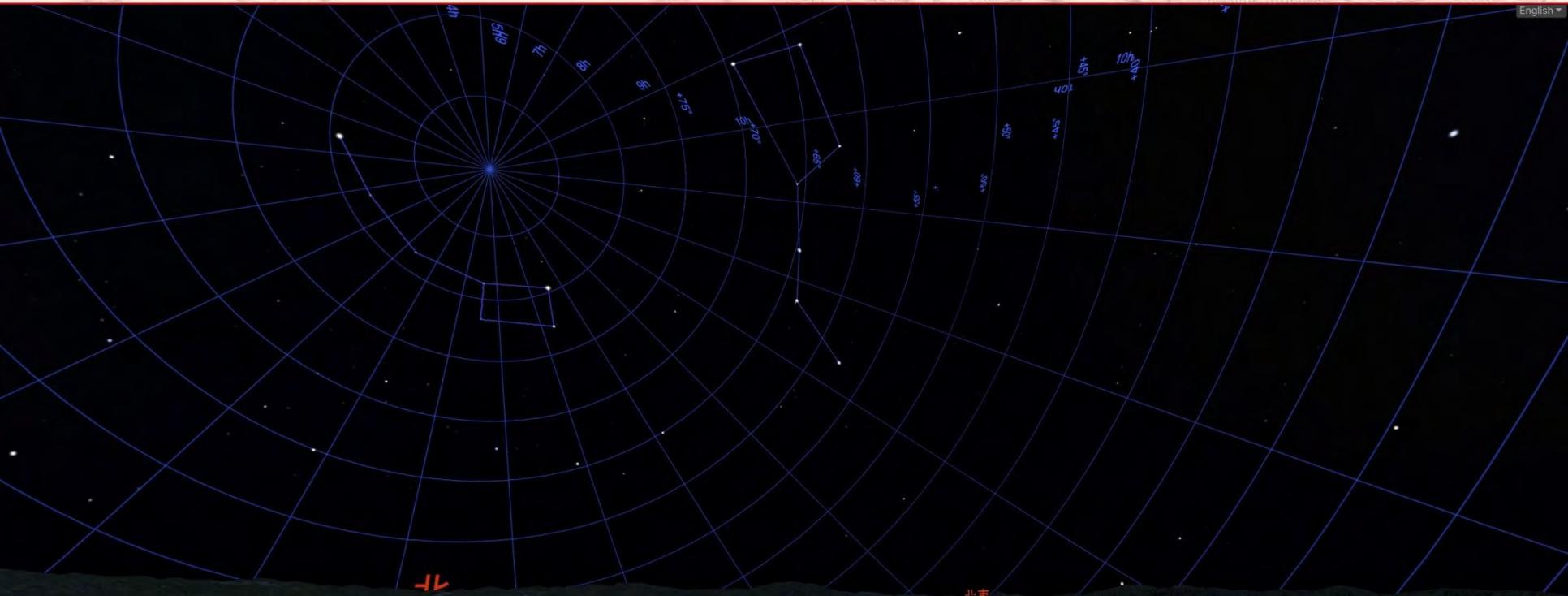


# 造山古墳と石津丘古墳



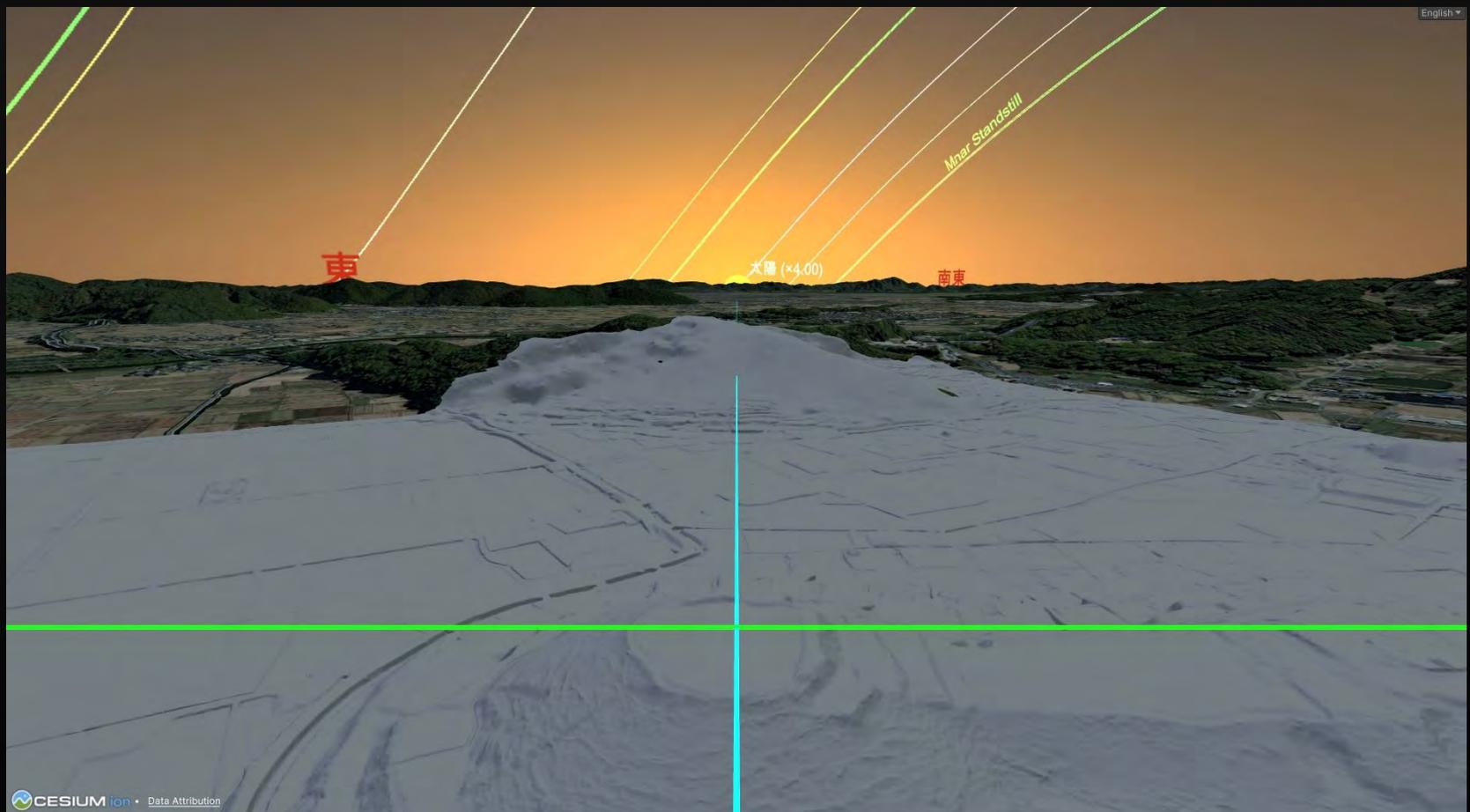
arcAstroVRで造山古墳の軸線を示し、420年12月22日冬至の北天の情景を再現する

# 造山古墳と石津丘古墳



古代中国では紀元後1世紀代に天の北極を宇宙の中軸として重視する「北辰信仰」が正式な方位観となる。「斗建」もこの方位観に準じたものである。地中レーダー調査の結果、埋葬施設も墳丘の軸線と平行であったから、埋葬も「北辰信仰」に帰依したものと推定された。

# 造山古墳と石津丘古墳



arcAstroVRで造山古墳の軸線と直交する方位を示し、420年12月22日の朝の太陽が昇る映像。