

A night sky simulation featuring the Milky Way galaxy in a vibrant blue and white glow, arching across a dark starry sky. In the foreground, three pyramids are rendered with a textured, brick-like surface, illuminated from below with a warm, golden light. The pyramids are positioned in a row, with the central one being the tallest and most prominent.

考古学向け天体シミュレーションソフト *arcAstro-VR* の開発

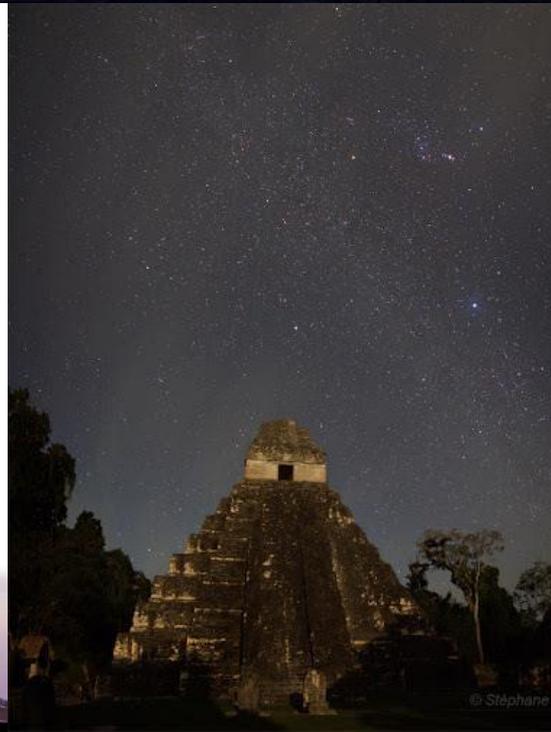
関口和寛(国立天文台)、岩城邦典(scienceNODE)

第4回考古天文学会議
2021年12月19日



本日の報告:

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、地形データおよび考古学サイトの遺跡/遺構等の建造物データを正確に表現して構築するためのデータ処理方法について報告します。



考古天文学

考古天文学では、考古資料に残る天文現象を調べるだけではなく、考古遺物の方位角と日の出/日の入り、月の出/月の入り、惑星と星の位置、星々の空間パターン、さらには太陽や月が投じる光と影等との相関を調べます。

キトラ古墳の天井に描かれた天文図



ストーンヘンジ



考古天文学

エジプトの太陽神“Ra”



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あり、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。

そこで、天体現象と考古学的構造の位置関係を視覚化することが出来れば、そのような構造を建てた古代文明の人々が天体をどのように捉えていたかを知ることが出来、その文明の宇宙と世界についての概念を探ることができます。



古代中国の天文図

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

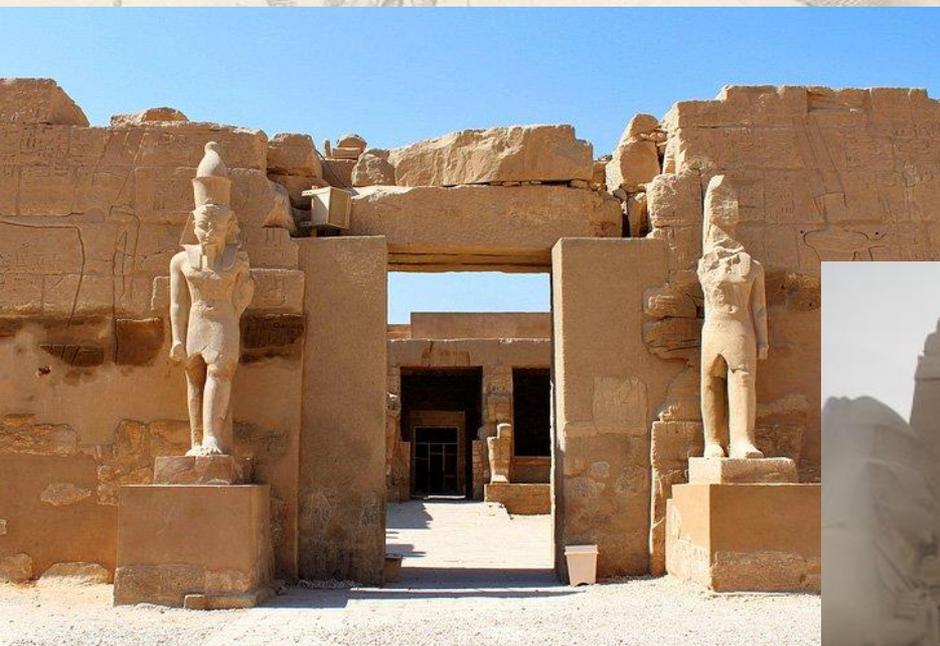
・先史時代のモニュメントの配置と向きを分析することで、それらのモニュメントを建てた人々の空間的認識を解釈することができます。

*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

*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

*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

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 Amen 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。



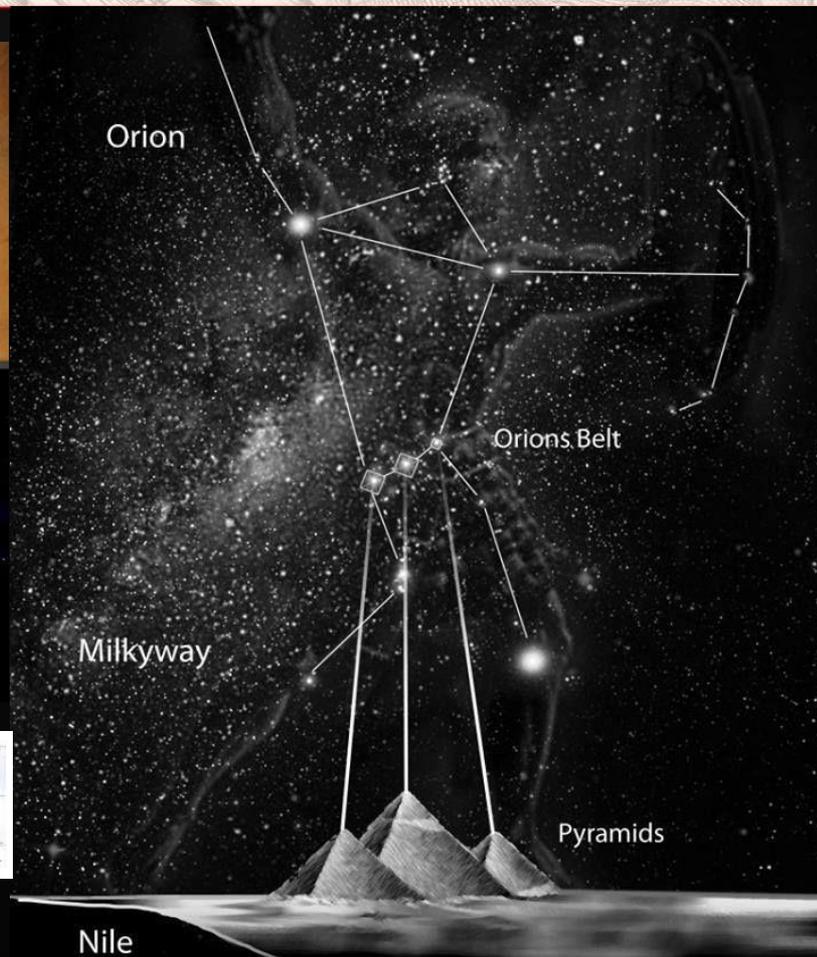
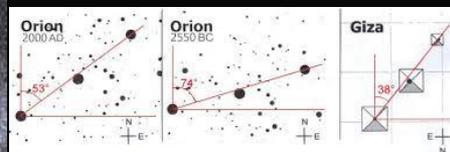
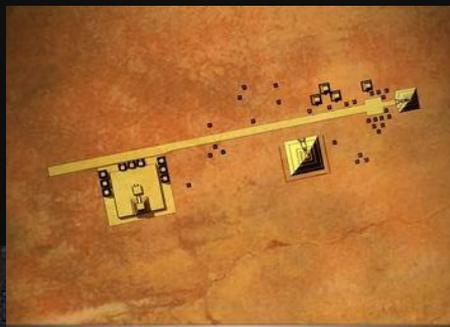
天体と地上の構造物との位置関係

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、それが起こります。



天体と地上の構造物との位置関係



エジプト、ギザの3大ピラミッド

● 天文シミュレーションの必要性

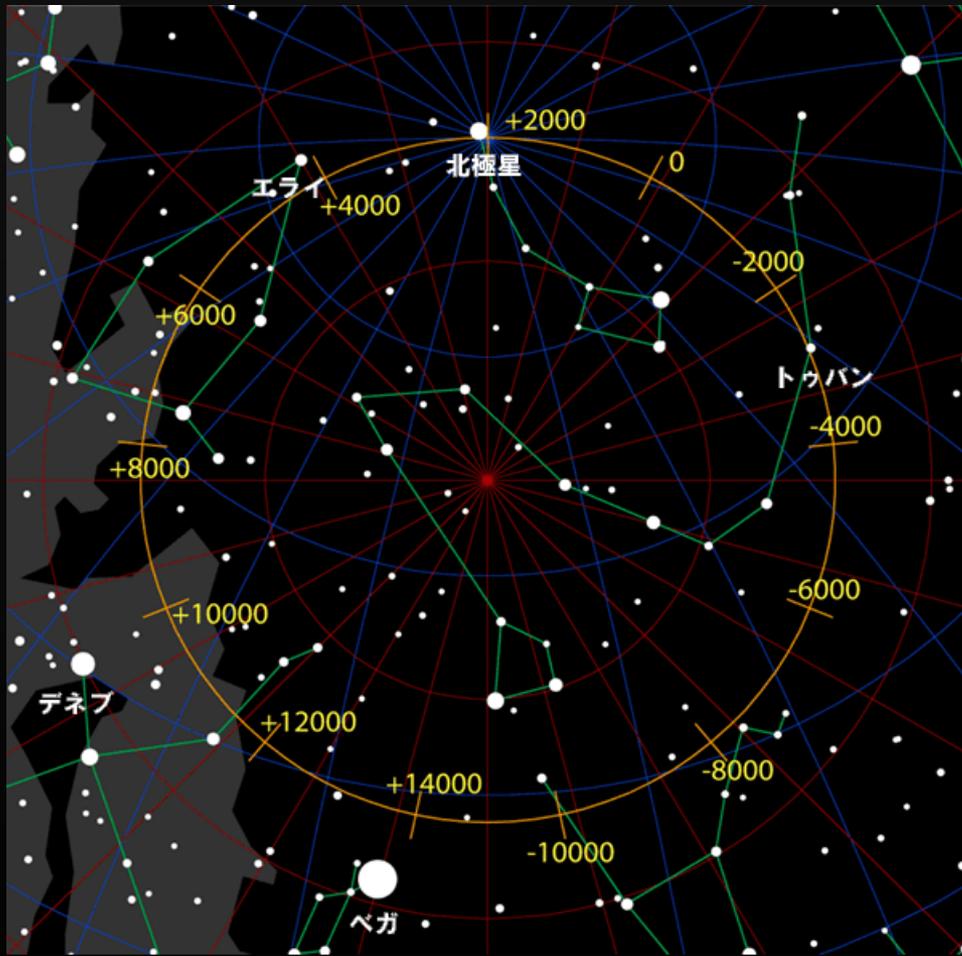
地球の歳差運動等のために、今日我々が見る天体の位置と古代の人々が見た天体の位置は同じではありません。



- ・星同士の物理的な動きは、数万年のタイムスケールでも肉眼では無視できるため、先史時代の初期から星座の特徴的なパターンは大きく変化していません。
- ・しかし、数十年から数世紀のタイムスケールでは、歳差と呼ばれる等軸歳差のために、星の配列全体が天球上を移動します。
- ・数十年と数世紀のタイムスケールにわたって、歳差運動は任意の星の赤緯をシフトし、したがってその上昇位置をシフトします。
- ・周極星は周極星になるのをやめるかもしれませんが、その逆もありますが、他の星は地平線の下に完全に消えるか、初めて現れるかもしれません。

歳差・章動と地球の向きの変化

過去における天体の見掛けの位置は、歳差等により変化します。

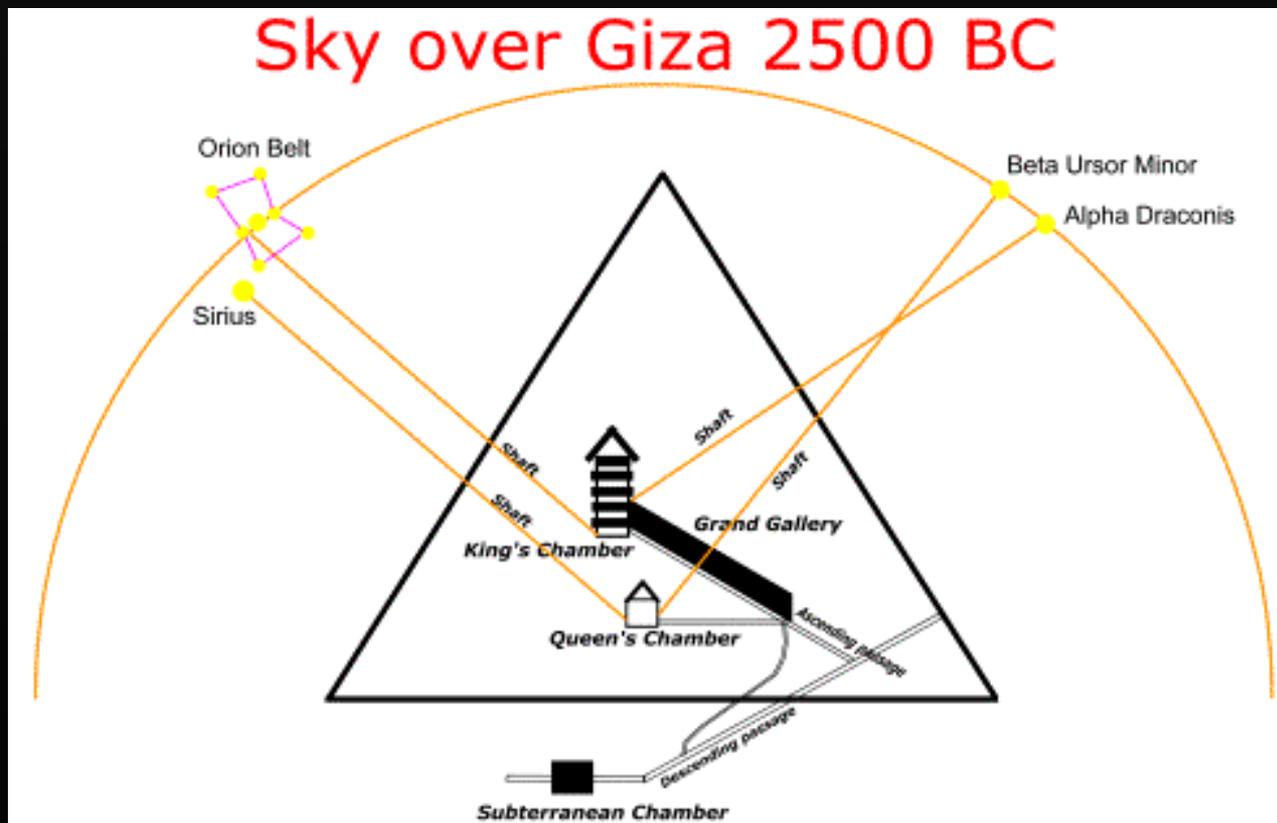


・今日の天の北極から1度以内にある北極星(ポラリス)は、西暦1600年には北極から約3度離れていました。(西暦1000年頃まで遡ると、ポラリスは極から6度離れていたため、何時頃から「北極星」として認識されたのか。)

・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度以内であったため、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

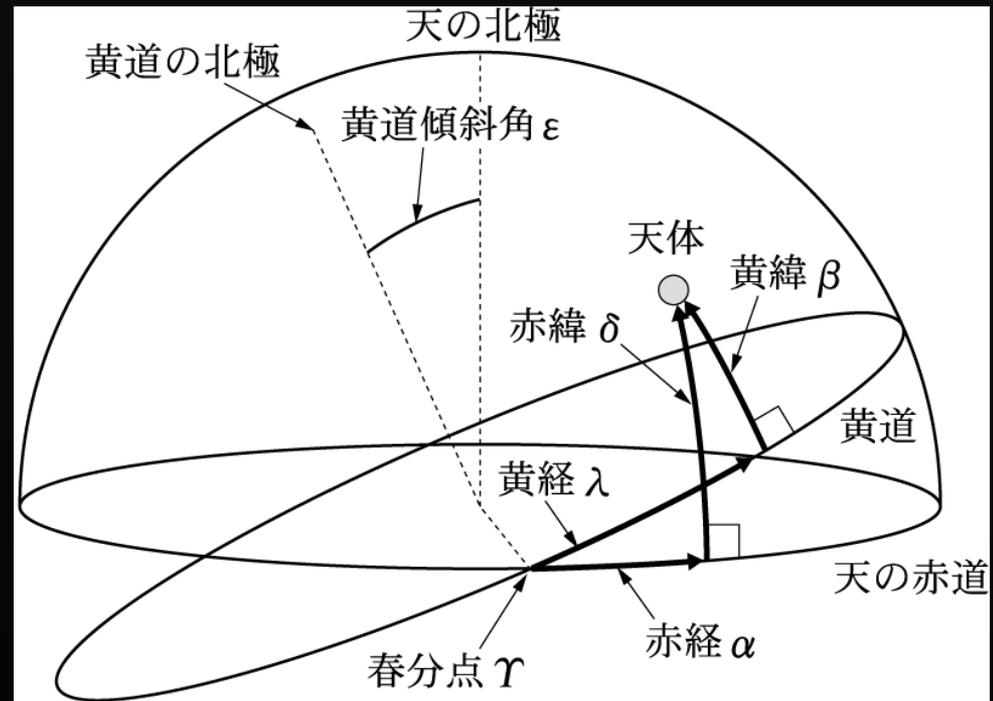
ギザのクフ王の大ピラミッド内のシャフトの1つが、意図的にその方向に配置されている可能性が指摘されています。



黄道傾斜角の変化

太陽、月、惑星の上昇位置と沈下位置は歳差運動の影響を受けませんが、黄道傾斜角が時間とともにゆっくりと変化するため、時間の経過とともにわずかに変化します。

過去数千年にわたって、それは紀元前5000年の約24.15度から現在の23.45度までゆっくりと減少していますが、より長い時間スケール（約41,000年）にわたって、それは約24.4度と22.2度の限界の間で振動します。（紀元前6,000年頃に最大値に達し、西暦14,000年頃に最小値に達します。）



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）

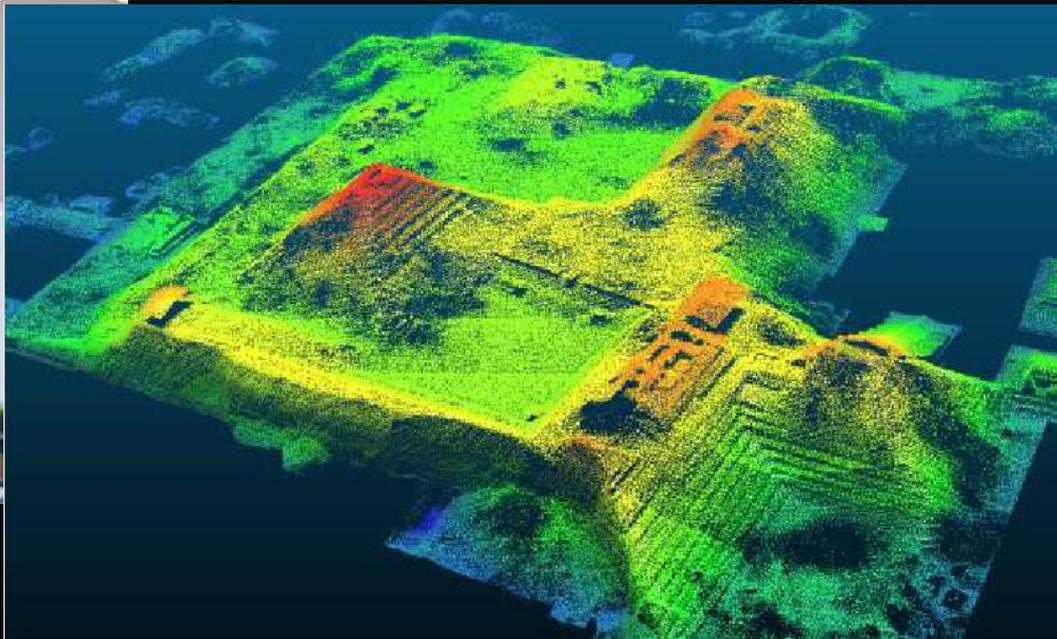


愛知県瀬戸市「大平窯跡」



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望まれます。





● *arcAstro-VR* の開発目標

- ・天文学的に正しい空のシミュレーションで、先史時代の研究にも適応できる。
- ・昼光の空、薄明の現実的なシミュレーションを提示したり、パノラマ写真で地平線を飾ったりすることができる。
- ・建物の軸に沿った建築の視線(または同様に、直立した石の列など)を調査するため、各視点から、現場で撮影した写真または3Dモデルのレンダリングから、パノラマを作成することが出来る。
- ・既知のポイント、または構造を仮想空間で調査する必要がある場合。3Dランドスケープをロードできる、またはロードするように拡張出来る。



● *arcAstro-VR* の開発

- ・適切に地理参照された正確な3Dモデルを仮想空間にロードし、過去の空の再現と組み合わせた視線を識別して観察する機能、シミュレーションにより、考古構造を再構築し、仮想3Dモデルを正確にコンピューターシステムに取り込むことができます。
- ・多くの聴衆に対しても、これらの現象を明確に説明および実証することができます。
- ・今日の劣化した状態では無く、仮想再構築により、可能性のある過去のサイトの外観を再現することができます。
- ・単一の建物だけでなく、町のような大きなアセンブリが再構築され、ユーザーが自由に動き回ることができるリアルタイムシミュレーションにより、建物間の空間的関係をよりよく理解出来ます。