

A night sky with the Milky Way galaxy and three pyramids in the foreground. The pyramids are illuminated from below, and the sky is filled with stars and the bright band of the Milky Way.

考古天文学

(Archaeoastronomy)

関口和寛(自然科学研究機構)

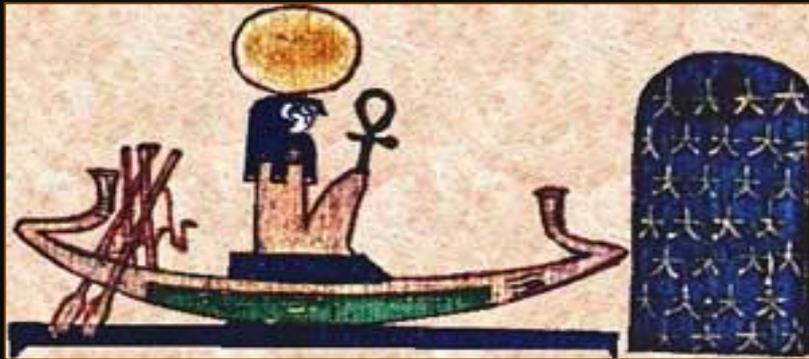
天文学振興財団特別見学会
2024年10月13日

天文学は遠く空の天体を観察し、その動きも研究する。

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。天空で変化する惑星の位置や、季節との関係における太陽の動きは、宗教や科学の発展に大きな影響を与え、これらは文化の基盤を成す要素となりました。

天体現象と私たち人間の関係

エジプトの太陽神“Ra”



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 (二)

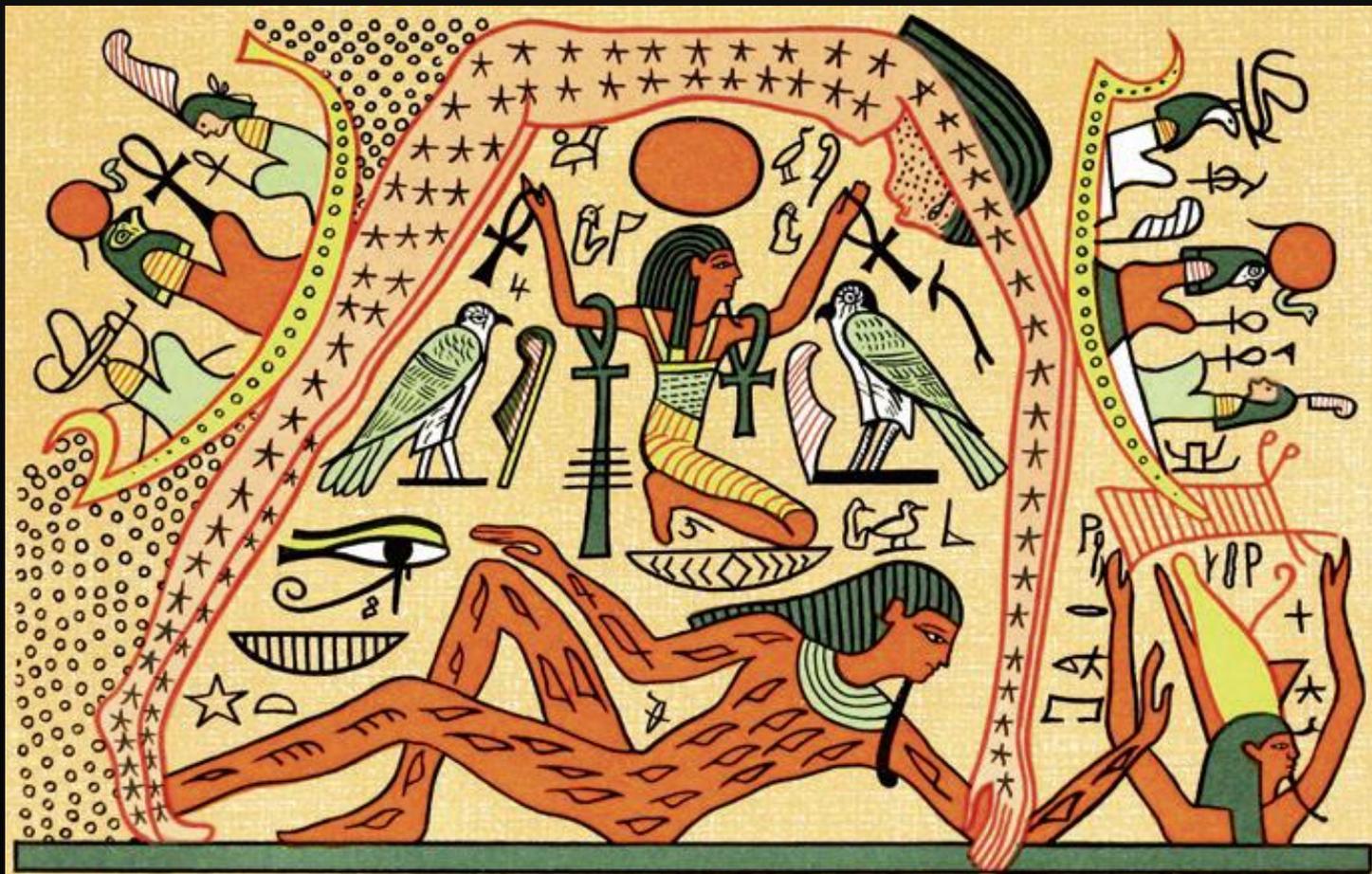
古代社会においては、空に見える天体現象は日常生活の一部でした。

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。



敦煌の天文図：大英図書館

天体現象と人間の関係



Nut, Shu, and Geb. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Geb_and_Nut03.png.
(Author: E. A. Wallis Budge (1857–1937). Public domain, via Wikimedia Commons)

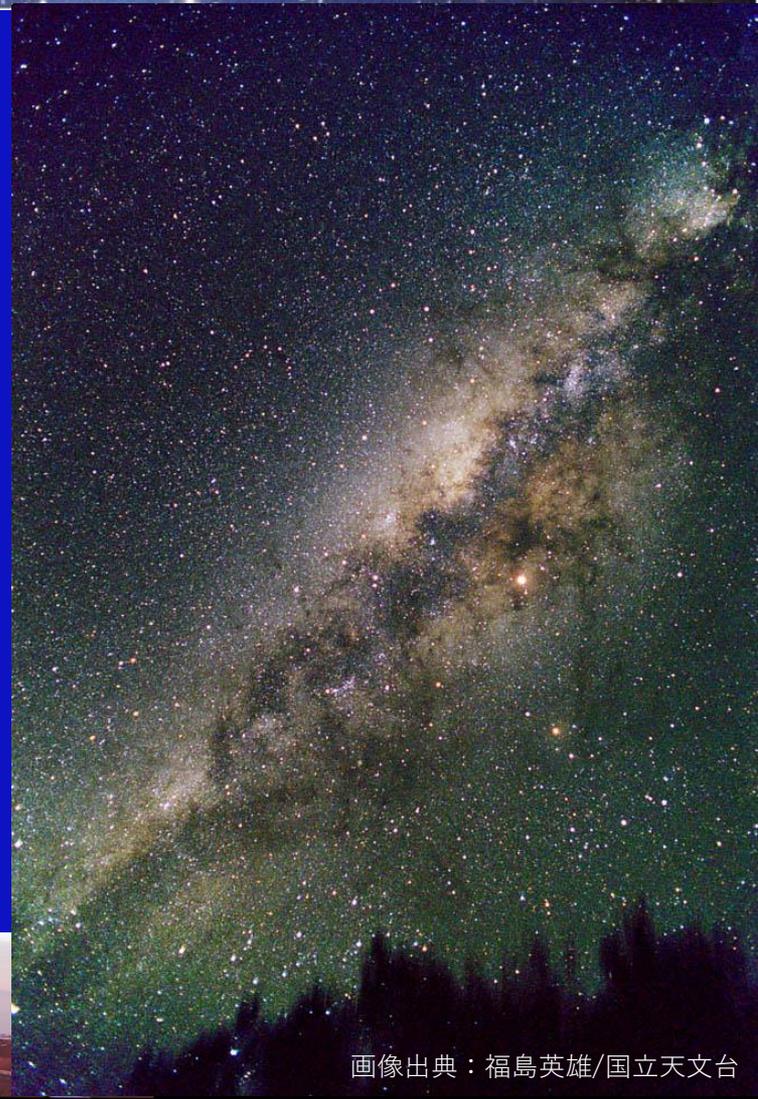
天体観察と時空間認知

宇宙の広がりや時間の概念

天体現象の観察は、私たちが住む世界(宇宙)の広がりや時間の流れなどの概念を確立し、人が自らの存在を宇宙全体の中で位付け、時間の尺度を理解するのに役立ってきた。



画像出典: Who_I-am / iStock



画像出典: 福島英雄/国立天文台

時空間認知 (Spatiotemporal Cognition)

時間認知 (Temporal Cognition) 時間経過、尺度と周期性

すべての生物において重要な要因であり、あらゆる心理現象が時間と関係している。

空間認知 (Spatial Cognition) 空間の広がり、位置と方向感

3次元空間において自己と空間の相対的位置関係を把握することであり、日常生活に不可欠。



画像出典: Ilugram

出典: Frontier Eyes Online



時間概念：時間の認知と理解

時間経過の感覚

天体現象の観察は時間の経過を視覚的に示す手段として機能する。例えば、太陽の昇る・沈む、月の満ち欠けなどは日々の時間を視覚的に感じさせる。これにより、人間は自然なリズムや時間の経過を感じ取り、日常生活を調整する手助けとなる。



時間概念：時間の認知と理解

時間変化と周期性の理解

太陽の位置や月の満ち欠け、昼夜の長さなどの天体現象は季節の変化を示す重要な指標であり、これらを利用して農業などの活動を調整することが可能である。これによって人間は季節ごとの変化を観察し、自然のサイクルを理解することができる。



時間概念：時間の認知と理解

時間尺度の理解

天体現象の観測は、日/月/年などの周期と時間感覚についての理解だけでなく、日常の時間感覚を超えて非常に長い時間尺度での出来事についても認識させる。



Image generated by Dall-E



空間認知

地上での位置と方向感覚

天体現象の観察は私たちが世界(宇宙)の中でどのような位置にあるのかを理解するのに役立つ。



画像出典：ガジェット通信GetNews



画像出典：ハルメク365



空間認知

空間の広がり と 規模感

天体現象は地上世界を超える世界の現象を扱い、天上世界の広がり想像することで人々は自らの存在や相対的な小ささを認識し、謙虚さや環境への畏敬の念が生まれる。

宗教、文化、科学との関係

文化的・宗教的な意味の付与

天体現象は多くの文化や宗教において重要な象徴や意味を持つ。太陽、月、惑星などの天体は神聖視され、宗教的な儀式や祝祭において中心的な役割を果たしている。また、星座や天体の観察は、多くの伝説や神話に結びつけられ、文化的なアイデンティティの形成に影響を与える。



エジプトの太陽神 “Ra”



宗教、文化、科学との関係

科学的思考と観察力の向上

天体の観察データから法則を見出すプロセスは、科学的思考や観察力を向上させ、人間が日常生活や問題解決においても論理的かつ効果的な方法で物事を理解するのに役立つ。





文化天文学（Cultural Astronomy）

文化天文学（Cultural Astronomy）は、天文学と社会・文化の相互関係を探る学際的な研究分野です。

文化天文学は、さまざまな文化が日常生活、伝統、信仰体系において天文現象をどのように理解し、解釈し、使用しているかを研究する学問です。また文化天文学は、時代や地理を超えて社会が空、天体現象、そしてより広い宇宙とどのように関わってきたかを探ります。これには、航海、農業、神話、宗教、暦、建築における星、太陽、月、惑星の役割が含まれます。



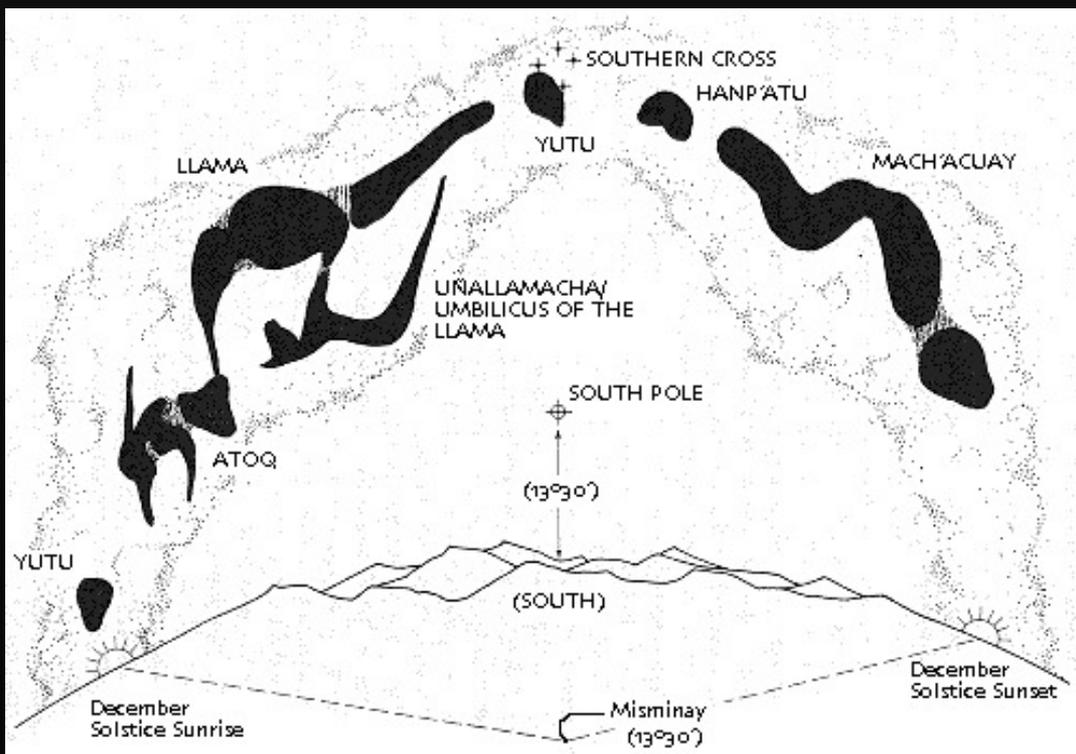
考古天文学 (Archaeoastronomy)

文化天文学のサブフィールドの一つである考古天文学は、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。



民族天文学(Ethnoastronomy)



もう一つのサブフィールドである民族天文学は、現代の先住民文化や伝統文化の天文学的知識と伝統を調査します。

インカの民族天文学

From Gary Urton's "Animals & Astronomy in the Quechua Universe"

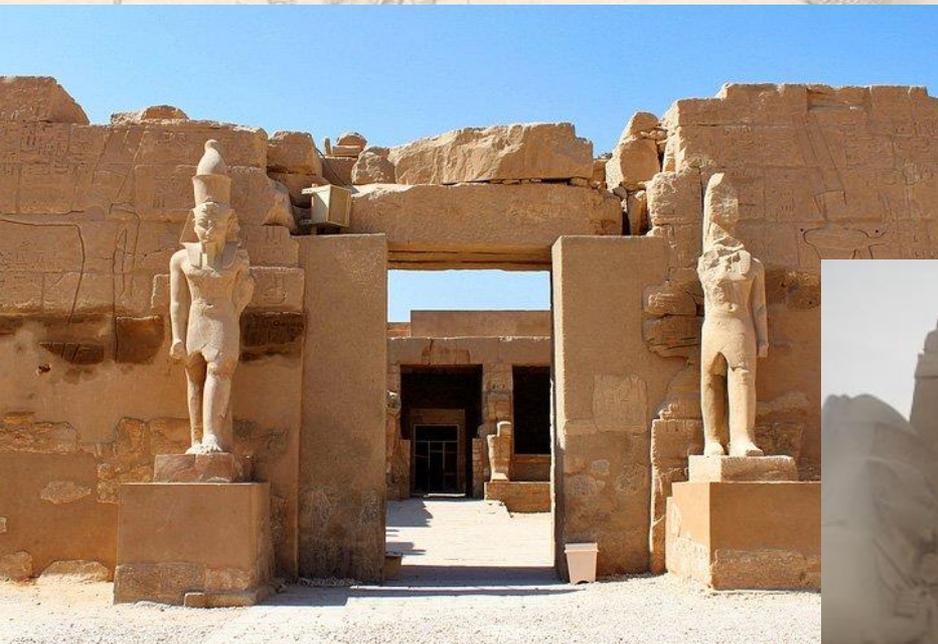
考古天文学

時空間認識を構造物として物質化した「人工景観」は、宗教儀式や神話、建築物の配置など人間の意識構造そのものを反映させたと考えられる。

この仮説を検証するには、過去の特定の日時(時間)と場所(位置)で背景となる地形と天球上の太陽、月、惑星や星の位置との関係を再現し、検証する必要がある。



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。



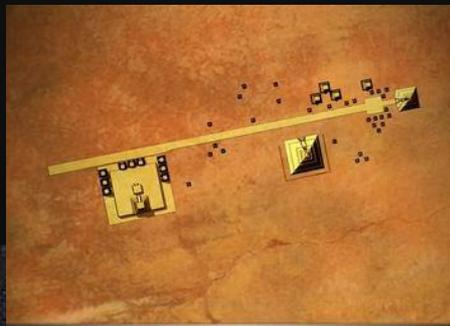
天体と地上の構造物との位置関係

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。

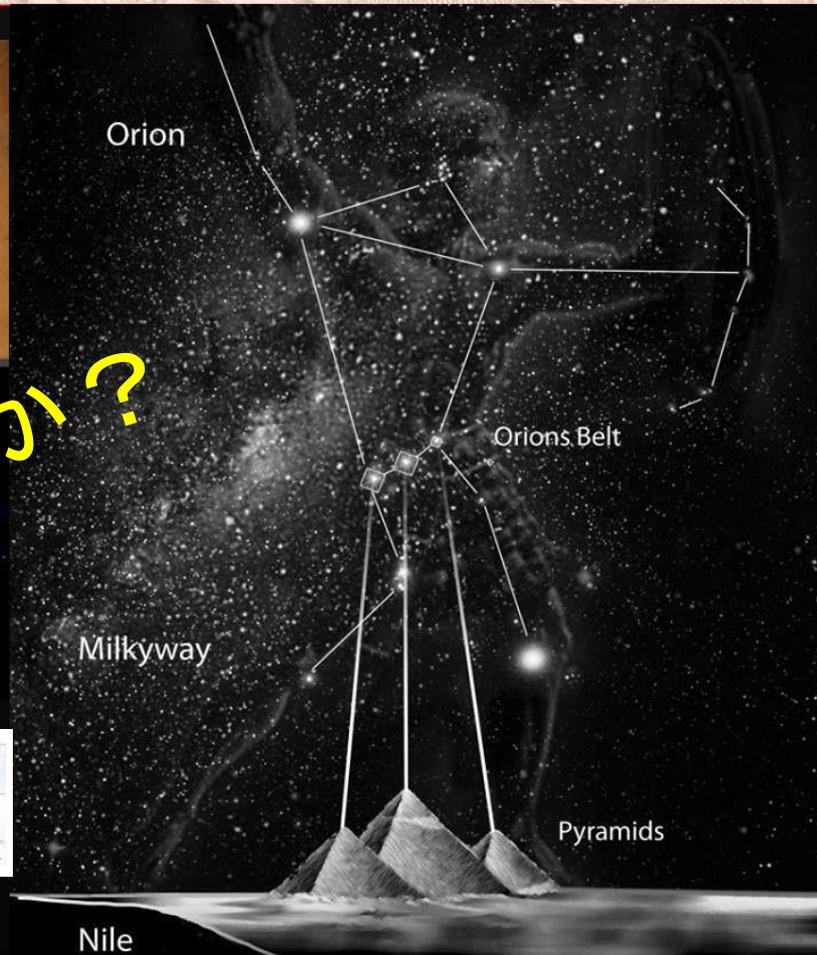
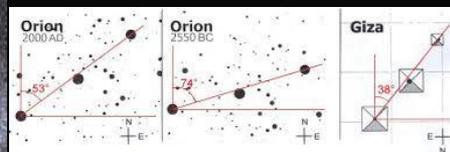
昼夜の長さが同じである場合に、それが起こります。



天体と地上の構造物との位置関係



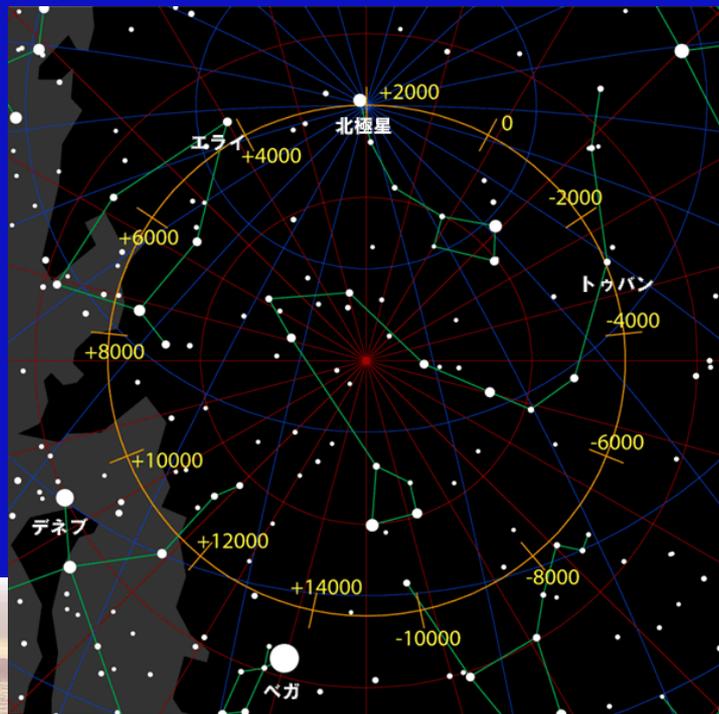
これらは本当か？



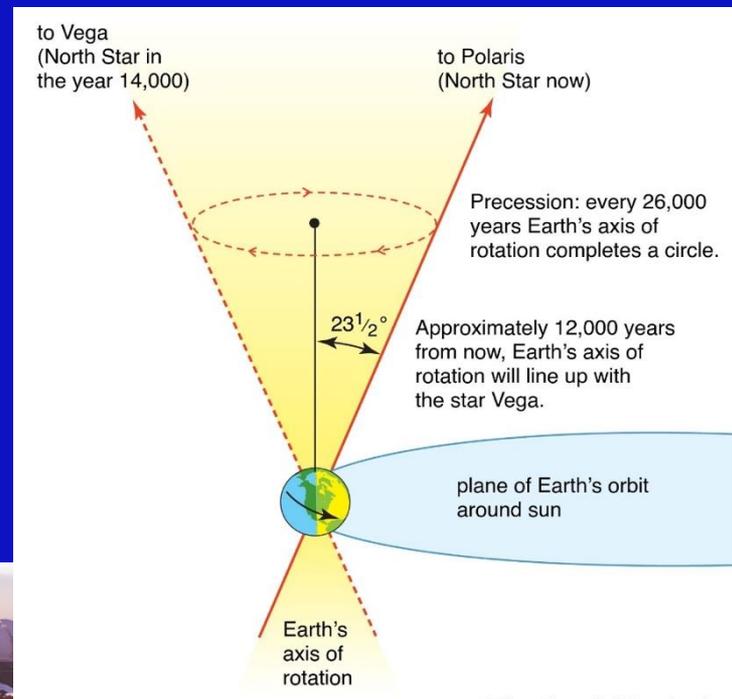
エジプト、ギザの3大ピラミッド

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。



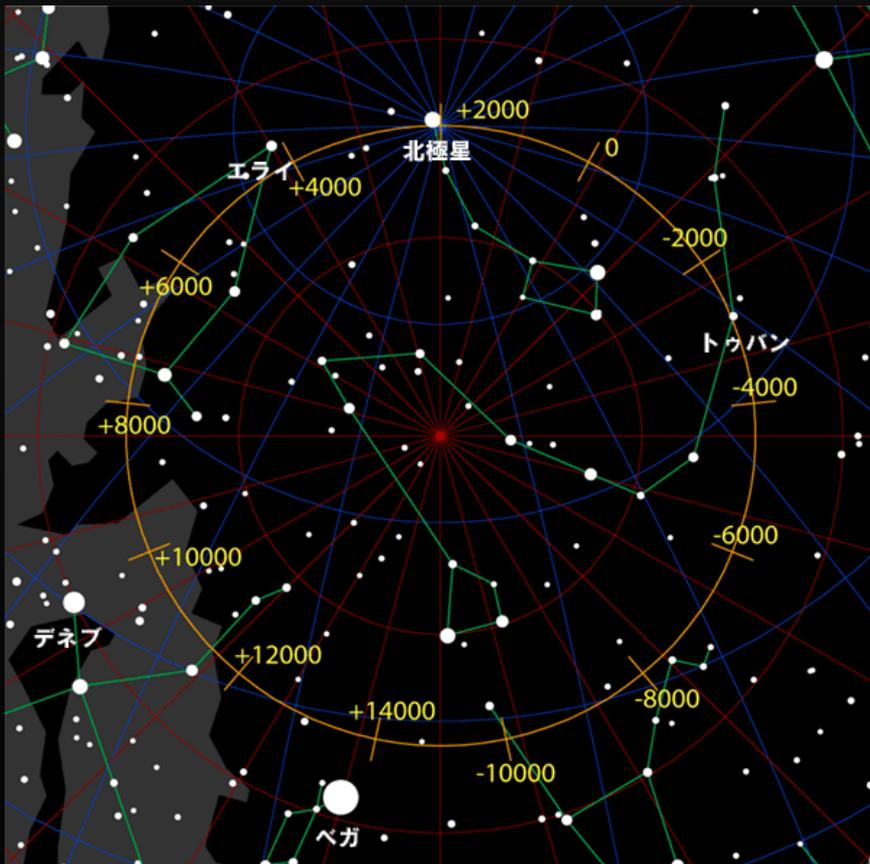
出典：Wikipedia



© Encyclopædia Britannica, Inc.

天文シミュレーションの必要性

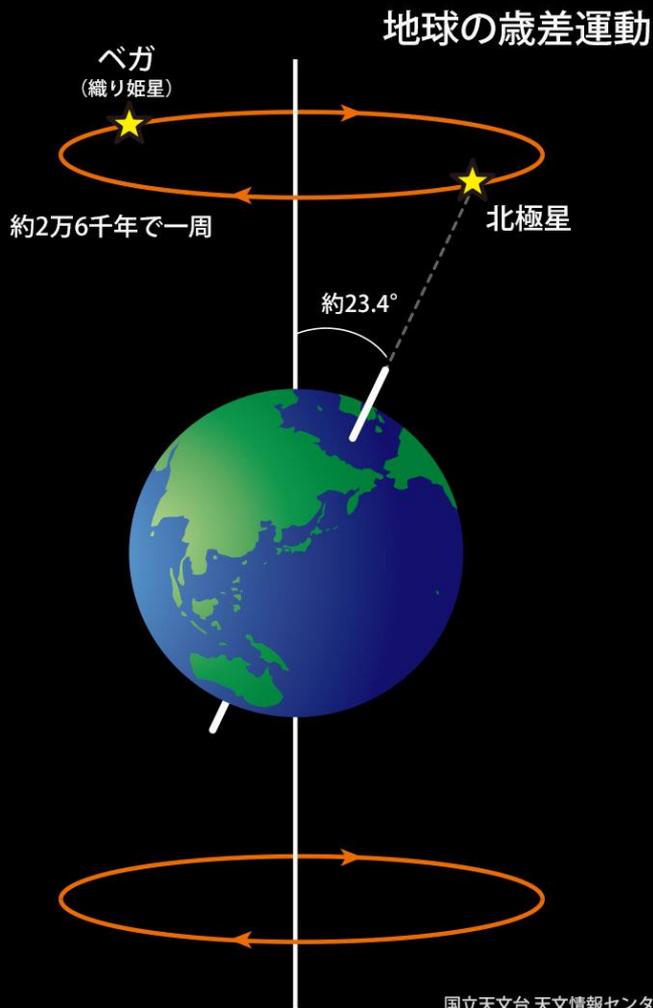
地球の歳差運動等のために、今日我々が見る天体の位置と古代の人々が見た天体の位置は同じではありません。



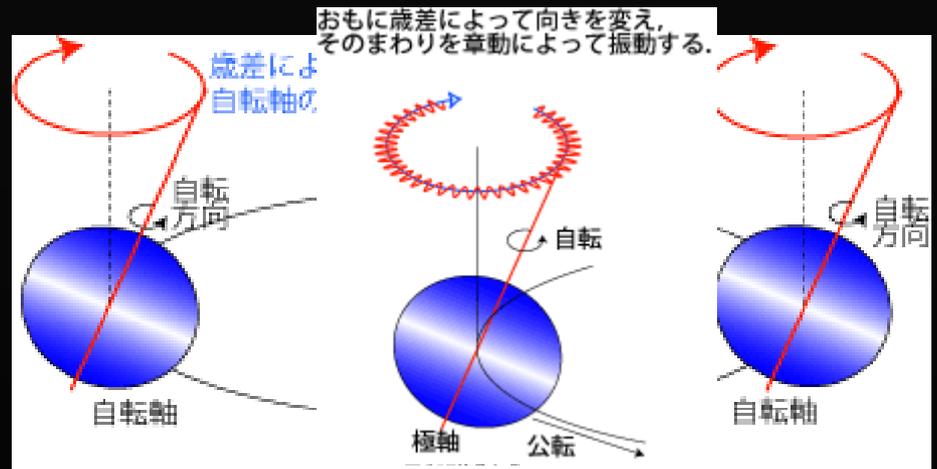
・今日の天の北極から1度以内にある北極星(ポラリス)は、西暦1600年には北極から約3度離れていました。(西暦1000年頃まで遡ると、ポラリスは極から6度離れていたため、何時頃から「北極星」として認識されたのか。)

・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



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年の周期でこま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）



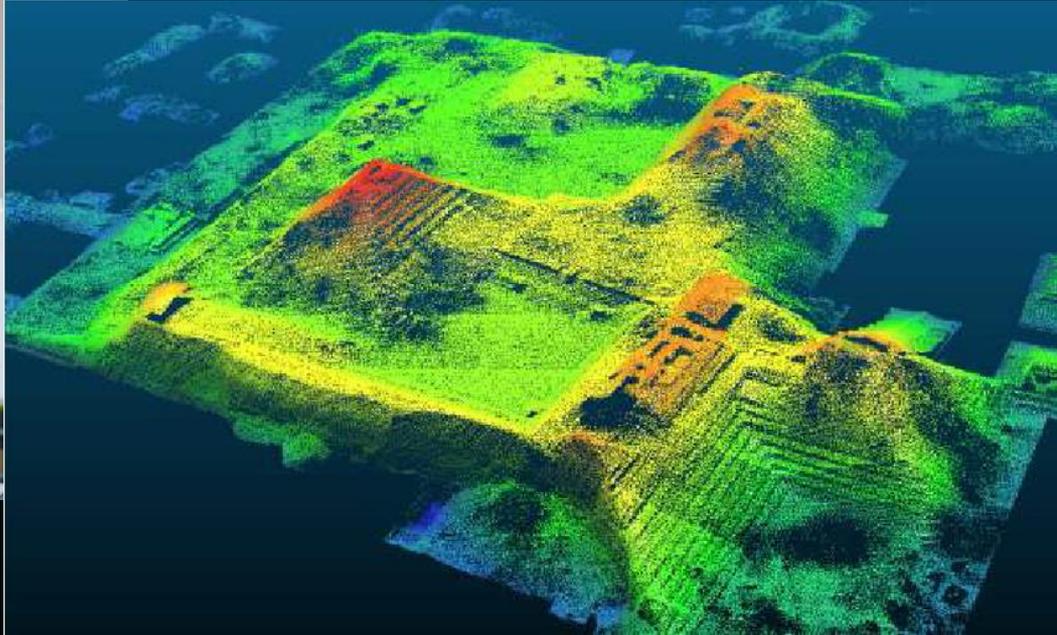
愛知県瀬戸市「大平窯跡」



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。



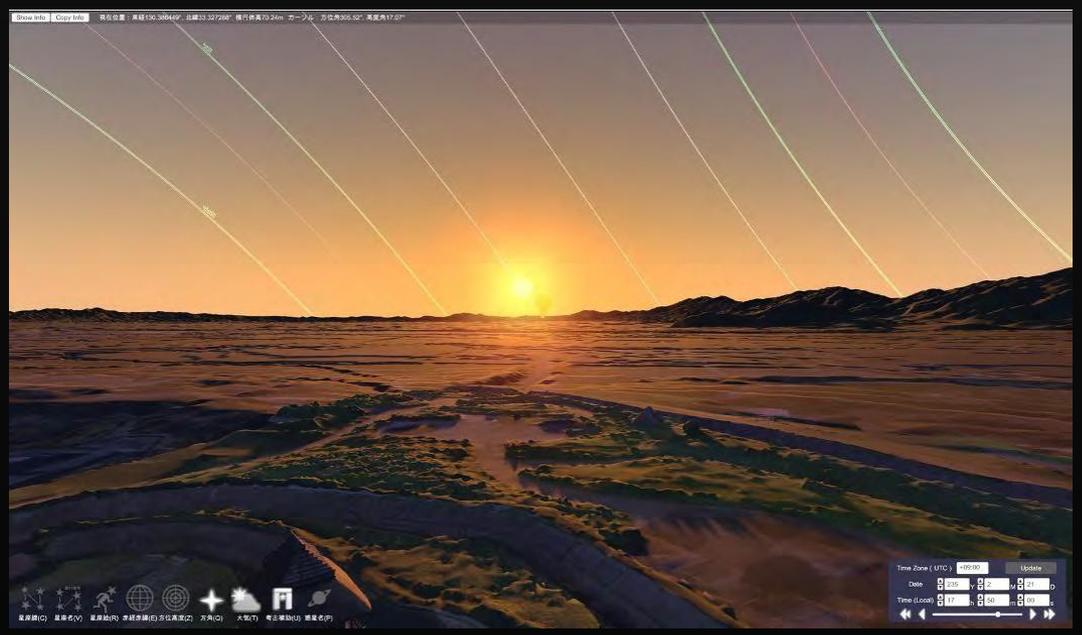
Screenshot of the arcAstroVR website. The page features a navigation menu with links for Home, Download, Feature, Tutorial, GitHub, and Contact. The main content area includes the title "arcAstroVR" and a detailed description in Japanese. Below the text is a 3D preview window showing a virtual reconstruction of an ancient site. A horizontal menu below the preview lists various features: 補助線機能 (Aid Line Function), マウス/ゲームコントローラー操作対応 (Mouse/Game Controller Support), 1人用-3人用切り替え機能 (1-person to 3-person switching function), WGS84座標系/平面直角座標系(10系)/UTM座標系対応 (WGS84 coordinate system / Plane rectangular coordinate system (10 series) / UTM coordinate system support), アバター機能 (Avatar function), 環境光調整機能 (Environment light adjustment function), 球座標正/Ortho座標正/光学座標正 (Spherical coordinate correction / Orthographic coordinate correction / Optical coordinate correction), 表示座標系切り替え機能 (Display coordinate system switching function), マーカー機能 (Marker function), and マウス/ゲームコントローラー操作対応 (Mouse/Game Controller Support). The bottom of the page shows a 3D preview window with the word "Explore" overlaid on a virtual reconstruction of an ancient site. The system tray at the bottom indicates the date and time as 2024/02/27 14:27.



arcAstro-VRとは？

arcAstro-VRの紹介

- 地形、3Dデータ、天文現象をパソコンで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データを3D化して可視化することができます
- 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検証が行えます



arcAstro-VRのPCモニター表示例



arcAstro-VRで出来ること

arcAstro-VRの紹介

- 自分で用意した3Dモデルデータの取り込み
- 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
- VR空間の自由な移動（マウス・キーボード・ゲームコントローラ等）
- -2000年～6000年の高精度な天文現象再現
- 太陽や月を光源とした日照や影、水面反射の検証
- 詳しくは <https://arcastrovvr.org/ja/>を参照ください。