最先端物理学が描く宇宙
Frontiers of Physics & Cosmology

第1回　2025/9/22

第1章　宇宙の階層構造（1）

Google Classroom

y3ey43vz

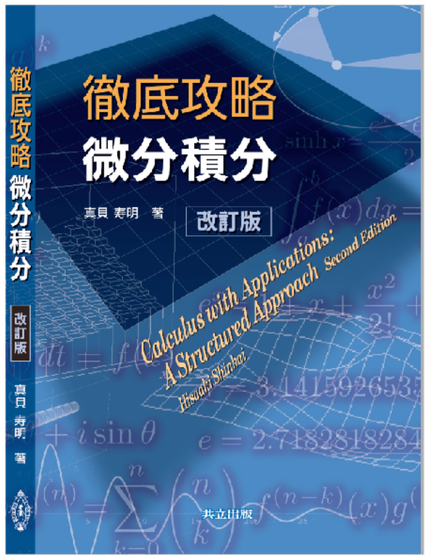
真貝　寿明
Hisaaki Shinkai

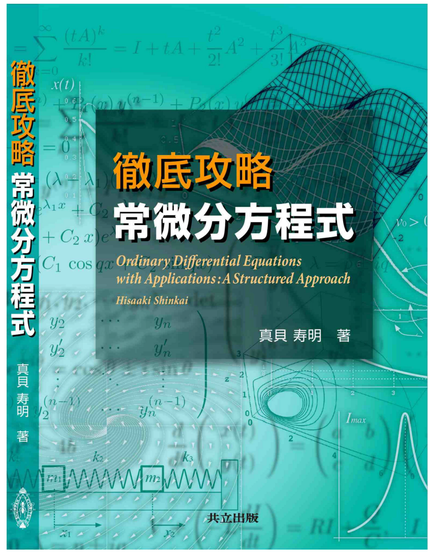
真貝の武庫川講義ページtop

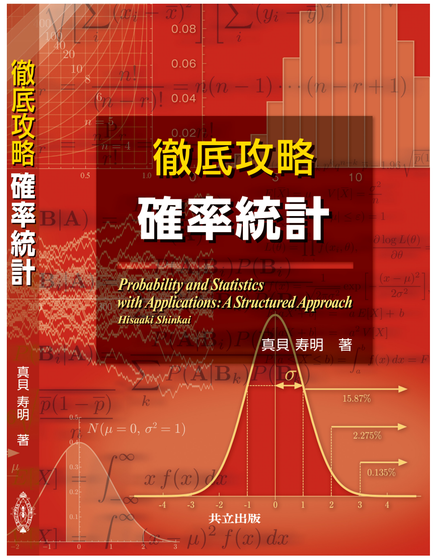
https://www.oit.ac.jp/labs/is/system/shinkai/mukogawa/

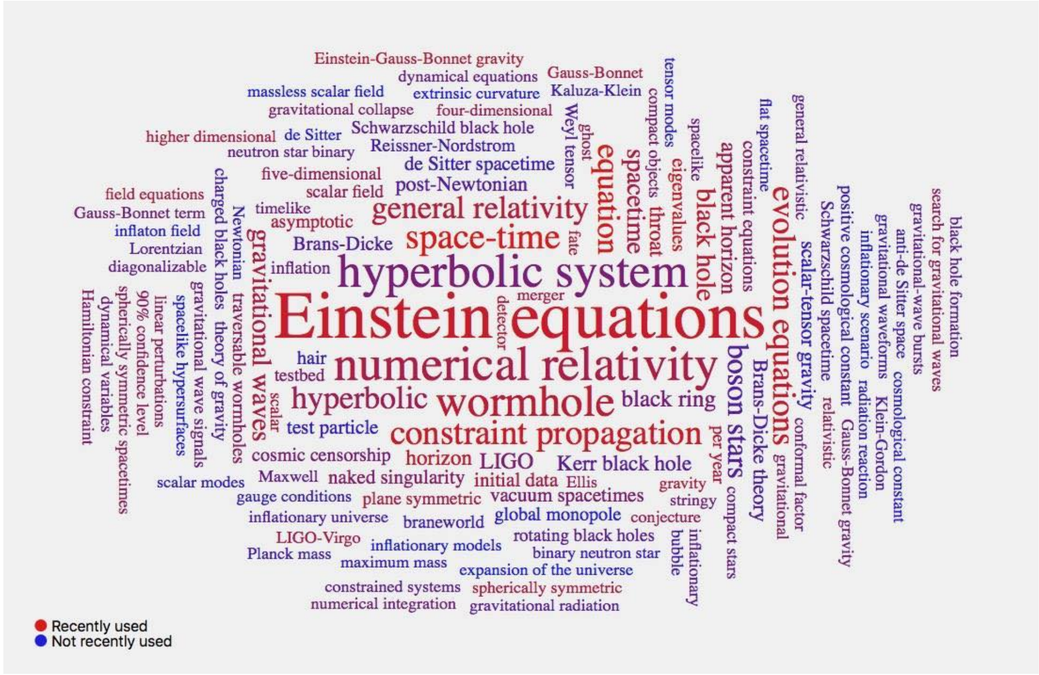
真貝寿明 Hisaaki Shinkai

★ ふだんは大阪工業大（枚方），後期月曜だけ武庫川女子大
　武庫女の非常勤13年目
★ 専門は理論物理（相対性理論，ブラックホール・重力波）
★ 日本の重力波プロジェクトKAGRAの研究者代表 (2017-2021)





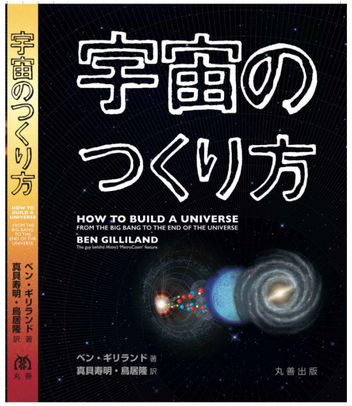


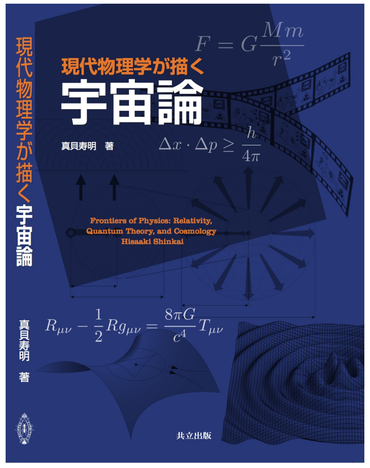


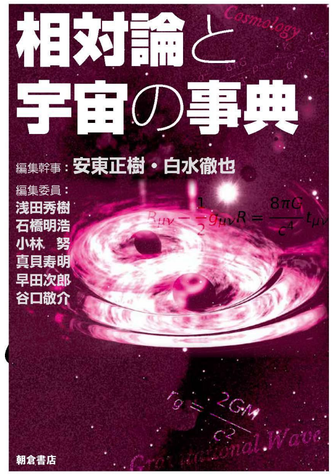
Word Cloudで，論文の概要のワードを抽出したもの

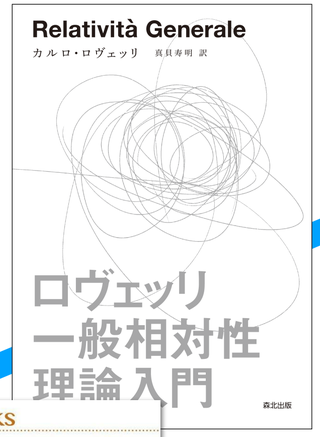
真貝寿明　著作・翻訳

物理の面白さを伝えたい

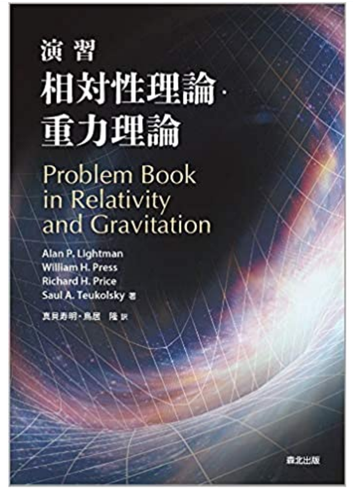


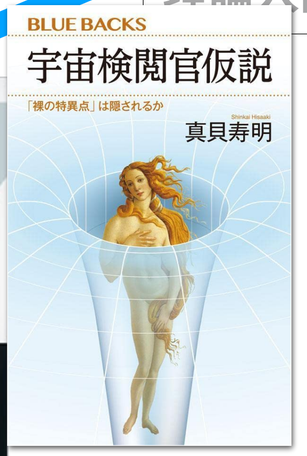


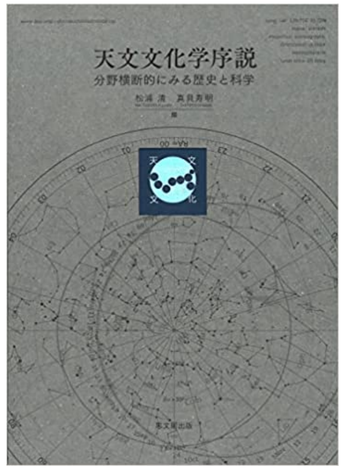




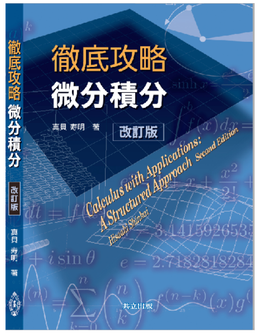
難しい本

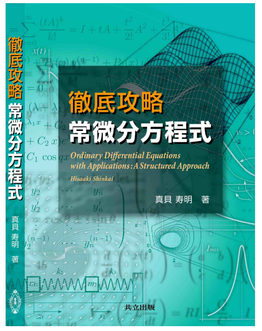


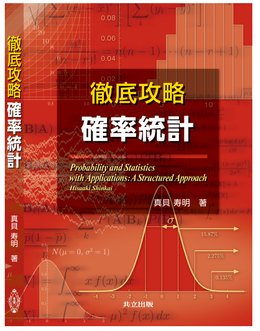




易しい本







わかりやすく伝えたい

Exhibitions of Black-hole & Gravitational Wave in Japan (2025-2028)

極限時空＝Extreme Spacetime

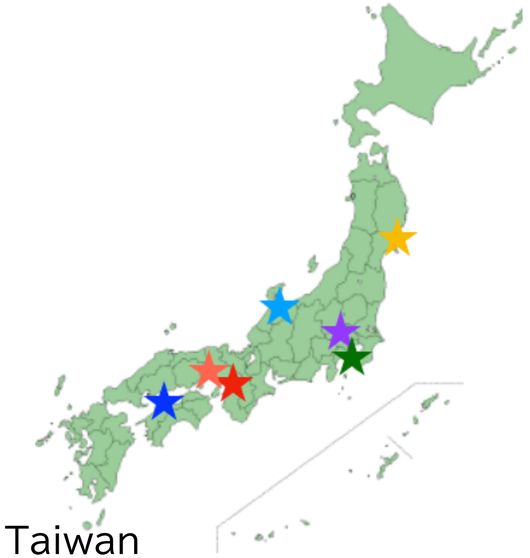
Concept

Based on the Exhibition in Taiwan

＋ Introduction of KAGRA, ALMA(EHT)

＋ Latest Contents from LVK, EHT

＋ Original Contents from KAGRA, EHT



Cooperations:

國立自然科學博物館 National Museum of Natural Science, Taiwan

國立清華大學 National Tsing Hua University, Taiwan

康木祥工作室 Master Kang Art Studio

国立天文台 NAOJ National Astronomical Observatory Japan

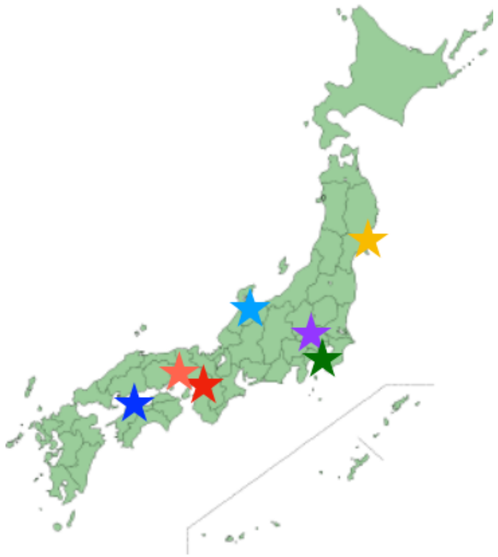
東京大学宇宙線研究所 ICRR Institute of Cosmic Ray Research U. Tokyo

大阪工業大学 OIT Osaka Institute of Technology

Hisaaki Shinkai (Osaka Inst. Tech.)

hisaaki.shinkai@oit.ac.jp

Exhibition Schedule（as of September 2025）



★ 2025年7月19日～8月31日

@ Osaka Science Museum 大阪市立科学館 https://www.sci-museum.jp/

★ 2025年7月19日～9月7日

@ Akashi Municipal Planetarium 明石市立天文科学館 https://www.am12.jp

★ 2025年7月26日～10月13日

@ Sendai Astronomical Observatory 仙台市天文台 https://www.sendai-astro.jp

★ 2026年冬 Winter

@ Hamagin Space Science Center はまぎんこども宇宙科学館（横浜）https://www.yokohar

★ 2026年12月～5月

@ Toyama Science Museum 富山市科学博物館 http://www.tsm.toyama.toyama.jp

★ 2027年夏から秋 Summer to Fall

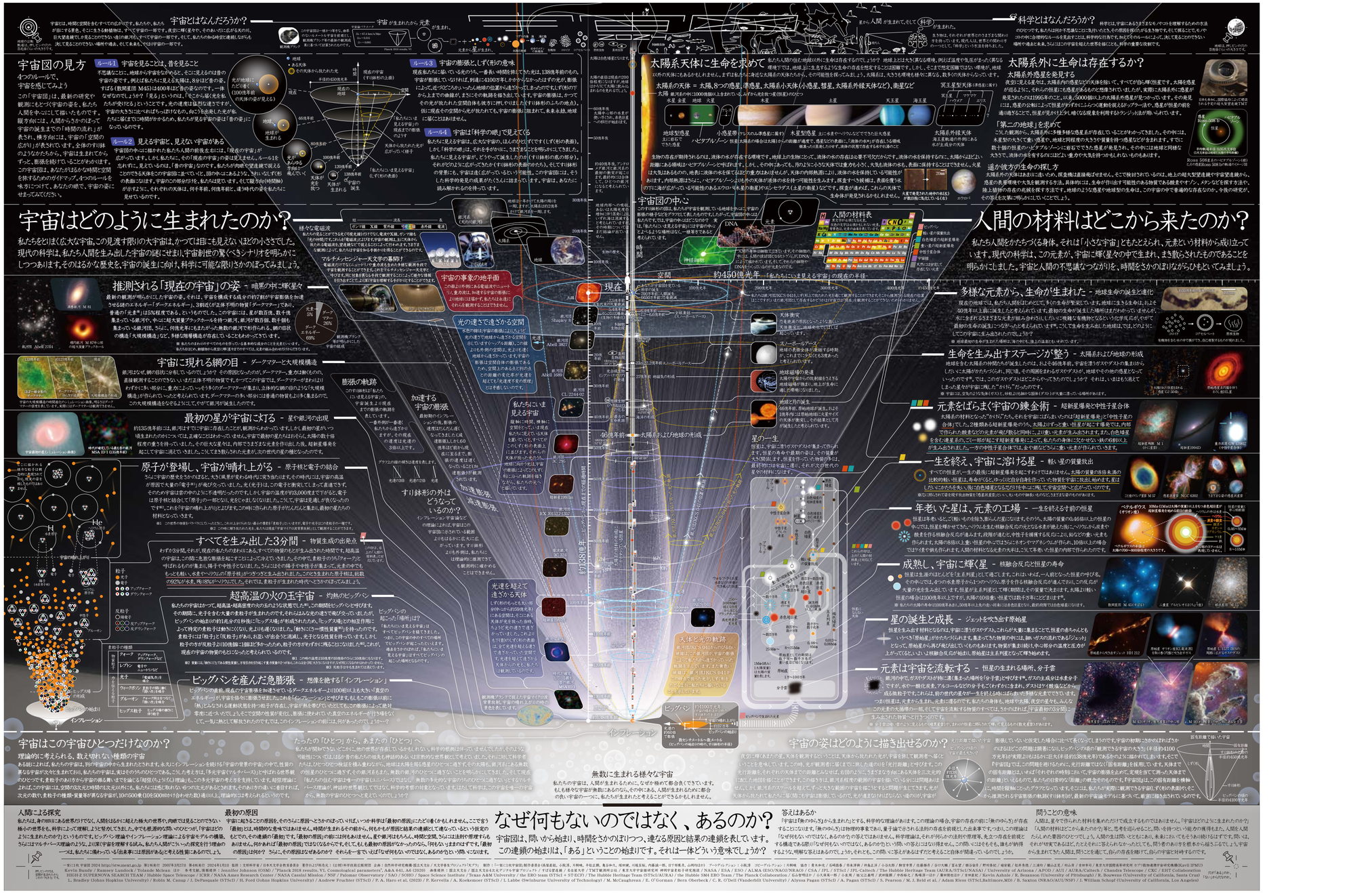
@ Ehime Prefectural Science Museum 愛媛県総合科学博物館 https://www.i-kahaku.jp

★ 2028年12月より3ヶ月

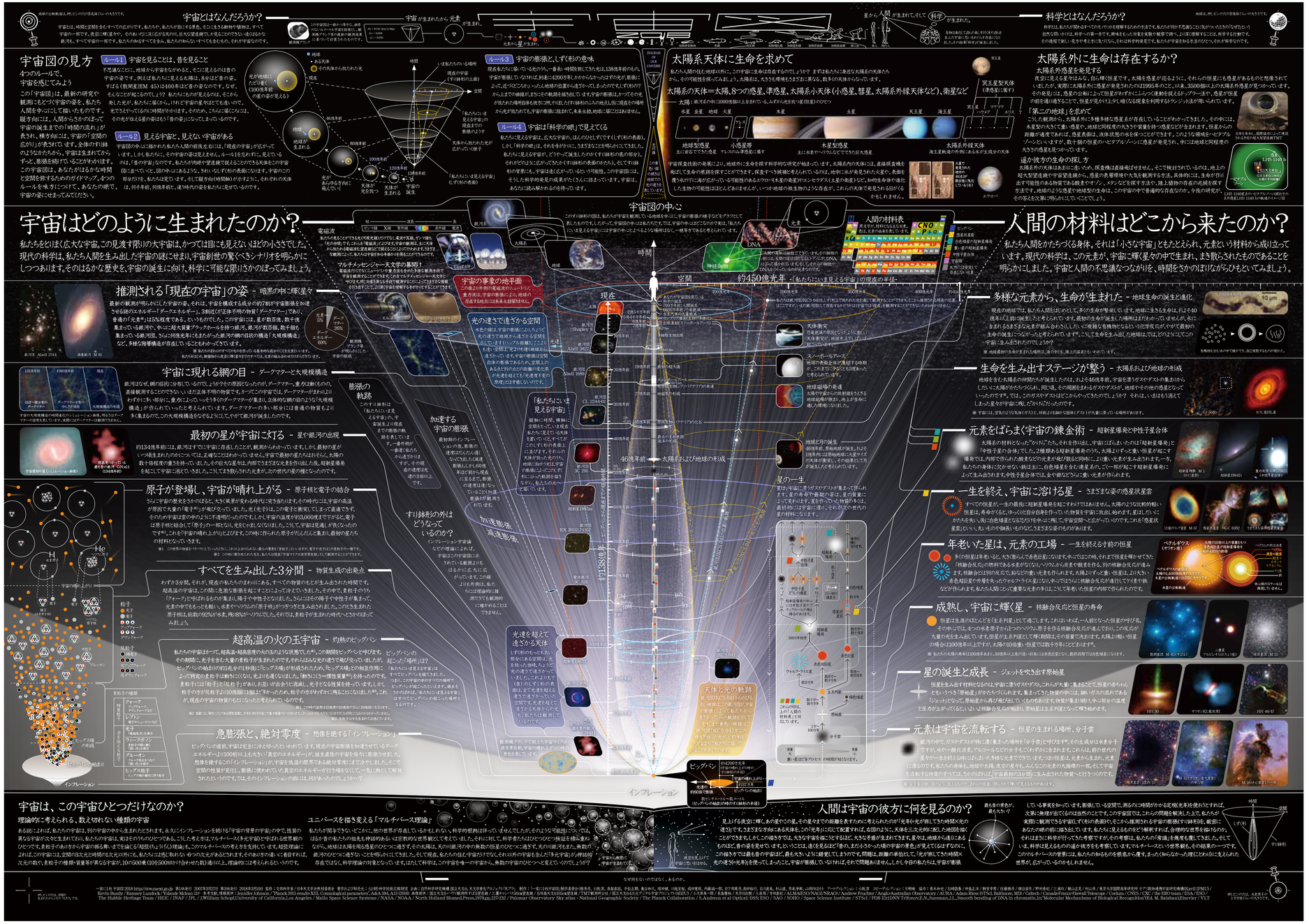
@ National Museum of Nature and Science 国立科学博物館 https://www.kahaku.go.jp

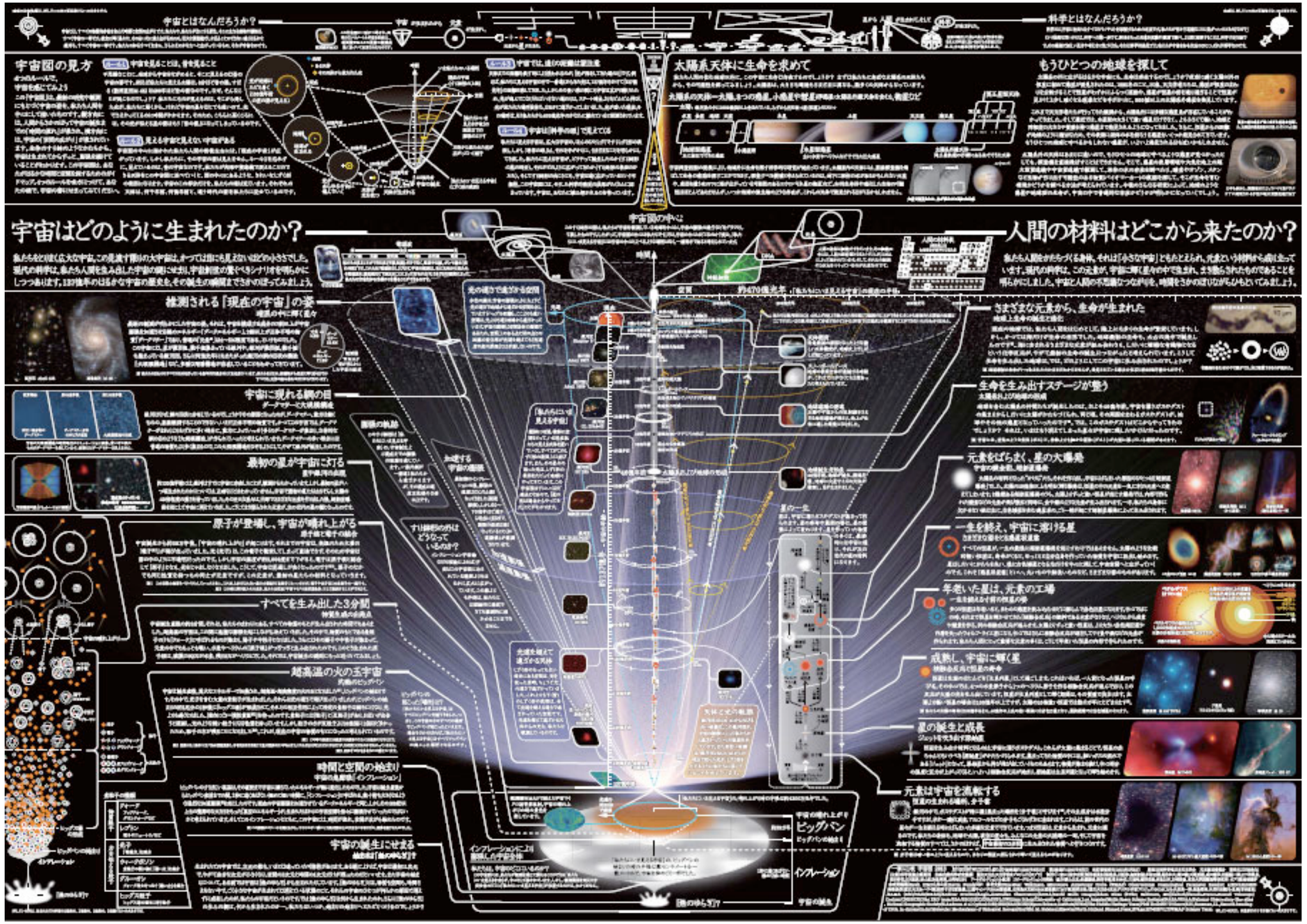
教科書　(共立出版, 2018)

242ページ，2300円+税

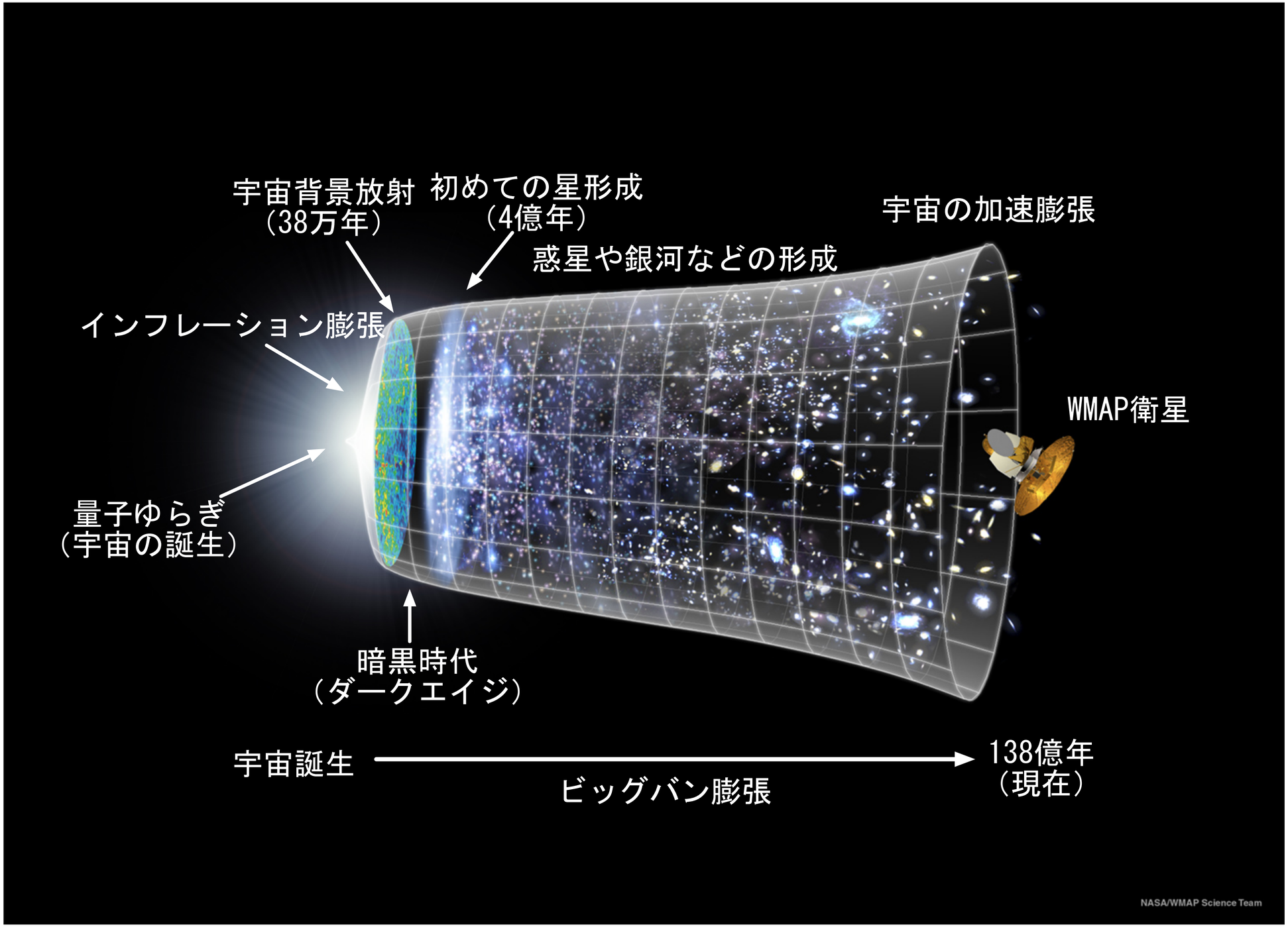


文部科学省　一家に一枚　宇宙図 2024


宇宙とはなんだろうか？
宇宙が生まれたから 元素が生まれ、星から人間が生まれた。そして科学が生まれた。
科学とはなんだろうか？
宇宙図の見方
【ルール1】宇宙を見ることは、昔を見ること
【ルール2】見える宇宙と、見えない宇宙がある
【ルール3】宇宙の膨張と、しま模様の意味
【ルール4】宇宙は「科学の眼」で見えてくる
太陽系天体に生命を求めて
太陽系外に生命は存在するか？
遠か彼方の生命の探し方
宇宙図の中心
宇宙はどのように生まれたのか？
推測される「現在の宇宙」の姿 - 暗黒の中に輝く星々
宇宙に現れる網の目 - ダークマターと大規模構造
最初の星が宇宙に灯る - 星や銀河の出現
原子が登場し、宇宙が晴れ上がる - 原子核と電子の結合
すべてを生み出した3分間 - 物質生成の出発点
超高温の火の玉宇宙 - 灼熱のビッグバン
急膨張と、絶対零度 - 想像を絶する「インフレーション」
人間の材料表
人間の材料はどこから来たのか？
多様な元素から、生命が生まれた - 地球生命の誕生と進化
生命を生み出すステージが整う - 太陽系および地球の形成
元素をばらまく宇宙の錬金術 - 超新星爆発と中性子星合体
生を終え、宇宙に溶ける星 - さまざまな姿の惑星状星雲
年老いた星は、元素の工場 - 一生を終える寸前の恒星
成熟し、宇宙に輝く星 - 核融合反応と恒星の寿命
星の誕生と成長 - ジェットを吹き出す原始星
元素は宇宙を流転する - 恒星の生まれる場所、分子雲
宇宙は、この宇宙ひとつだけなのか？
人間は宇宙の彼方に何を見るのか？
文部科学省　一家に一枚　宇宙図 2018

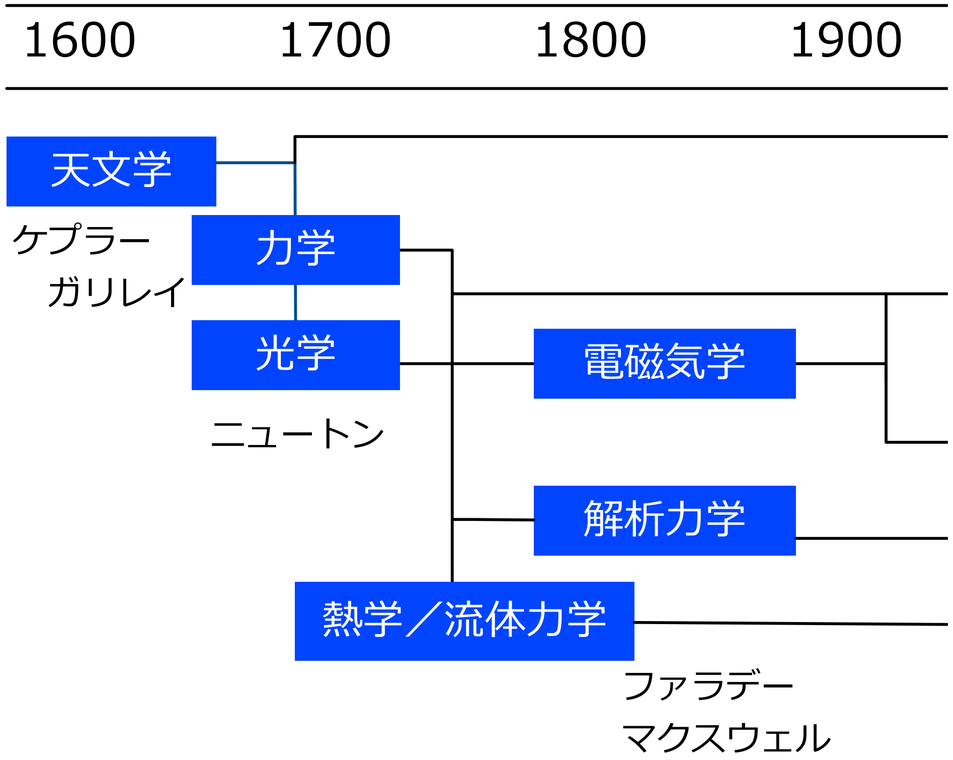


文部科学省　一家に一枚　宇宙図 2013

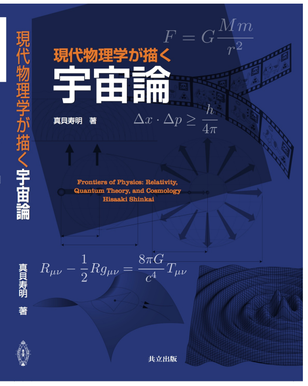

宇宙背景放射
（38万年）
初めての星形成
（4億年）
宇宙の加速膨張
惑星や銀河などの形成
インフレーション膨張
WMAP衛星
量子ゆらぎ
（宇宙の誕生）
暗黒時代
（ダークエイジ）
宇宙誕生
138億年
（現在）
ビッグバン膨張
NASA/WMAP Science Team

近代物理学から現代物理学へ　物理学奇跡の年 1905年

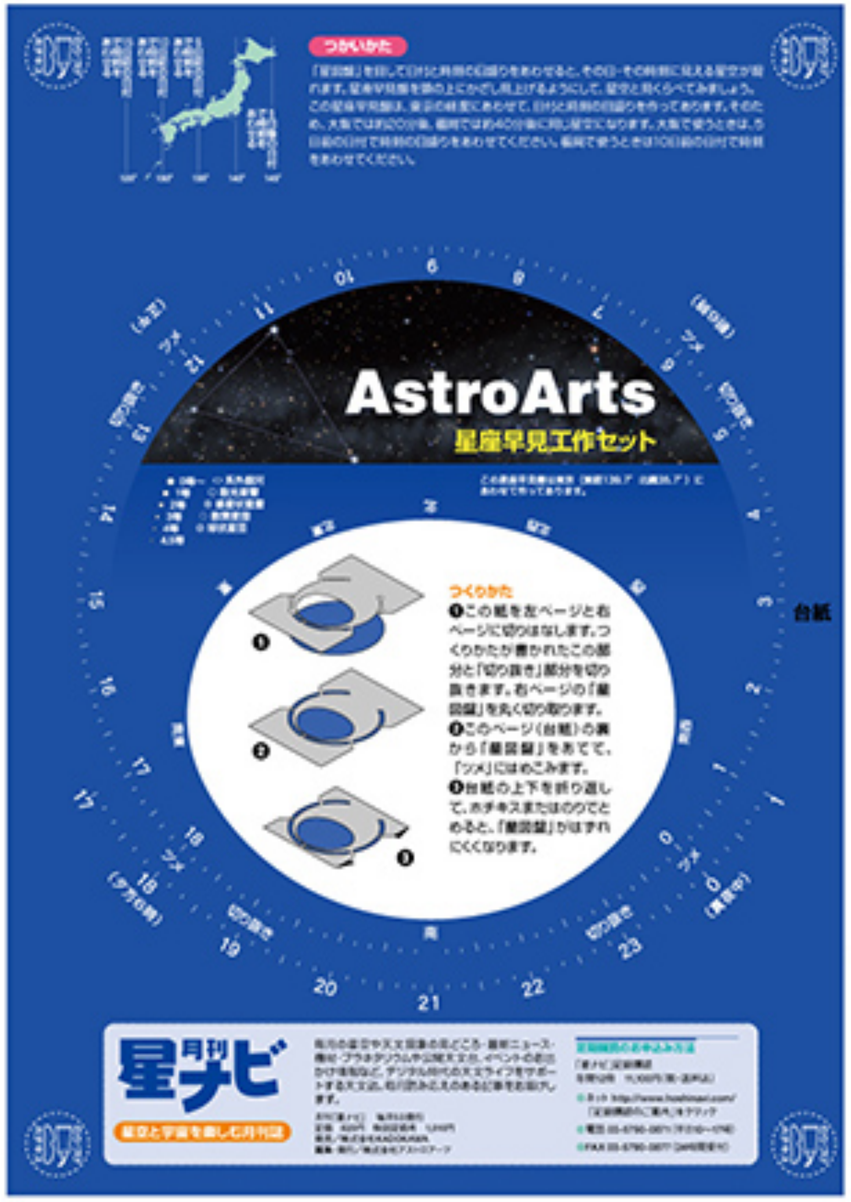
近代物理学の進展



19世紀末は「物理学は完成した」と考えられていた。



星座盤


つかいかた
「星図盤」を回して日付と月時の目盛りをあわせると、その日・その時刻に見える星空が現れます。星座早見盤を頭の上にかざし向上げるようにして、星空と照らべてみましょう。
この星座早見盤は、東京の緯度にあわせて、日付と月時の目盛りを作ってあります。そのため、大阪では約20分後、福岡では約40分後に同じ星空になります。大阪で使うときは、5日前の日付で時刻の目盛りをあわせてください。福岡で使うときは10日前の日付で時刻をあわせてください。
AstroArts
星座早見工作セット
台紙
つくりかた
❶この紙を左ページと右ページに切りはなします。つくりかたが書かれたこの部分と「切り抜き」部分を切り抜きます。右ページの「星図盤」を丸く切り取ります。
❷このページ（台紙）の裏から「星図盤」をあてて、「ツメ」にはめこみます。
❸台紙の上下を折り返して、ホチキスまたはのりでとめると、「星図盤」がはずれにくくなります。
月刊 星ナビ
星空と宇宙を楽しむ月刊誌

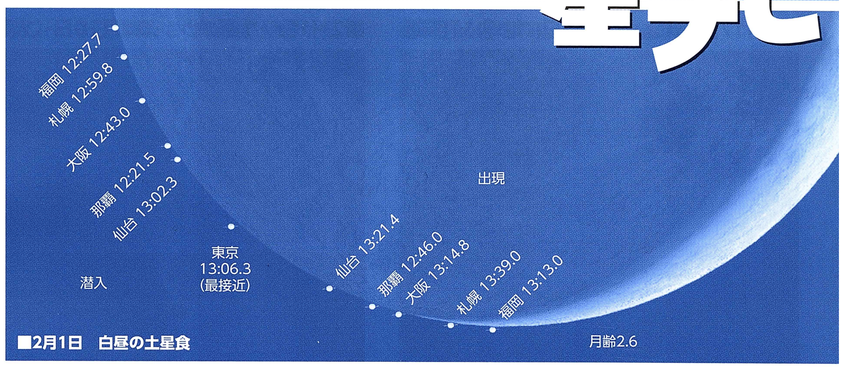
天文シミュレーションソフトウェア
ステラナビゲータ10
Stella Navigator 10
「ステラナビゲータ」は、星空をリアルに美しく再現、天文現象や4体験の宇宙飛行を正確にシミュレーションするPC用ソフトウェアです。簡単操作で思い描いた星図をネット上の共有スペースに投稿・保存・公開可能で、FacebookやTwitterとも連携します。またプラネタリウム番組も収録。今見えている星空について調べることから望遠鏡の制御まで、さまざまな天文の楽しみ方を幅広くサポートします。
ステラナビゲータ 公式サイト
http://www.stelanavigator.com/
ステラナビゲータ10
価格 16,200円
ステラナビゲータ10
公式ガイドブック
価格 4,860円
ご注文・お問い合わせはこちら
アストロアーツオンラインショップ
http://shop.astroarts.co.jp/
E-mail sales@astroarts.co.jp
電話 03-5790-0871
FAX 03-5790-0877
星図盤
追加恒星データ集
USNO-A2.0星表
USNO-A2.0星表
アメリカ海軍天文台のUSNO-A2.0星表の全恒星データを収録。約20等級、5.26億の恒星が表示可能に。ステラナビゲータ10対応。
価格 4,104円
操作の基本を動画で解説
ステラナビゲータ10
ビデオマニュアル
「ステラナビゲータ10」の基本的な使い方や、天体観望、写真撮影に役立つ機能まで、画面で操作を追いながら手順を解説したビデオマニュアル。
※DVDプレーヤー等の機器では再生できません。Windows PC専用です。
価格 2,700円

2025年の天文現象

AstroArts

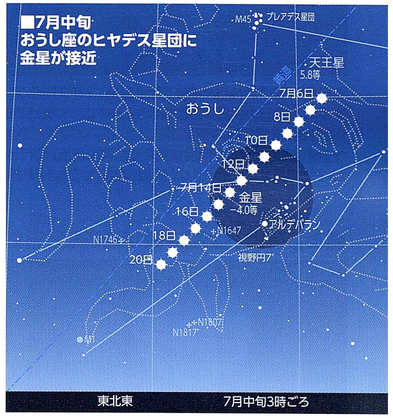
星空ハンドブック2025 月刊星ナビ

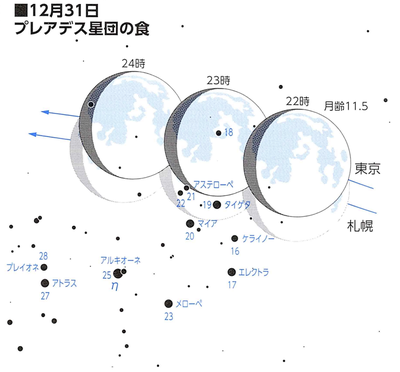
月刊「星ナビ」2025年1月号 特別付録



2025年 注目の天文現象

1月	3～4日	しぶんぎ座流星群が見られる
	12日	**火星と地球が最接近**(9608万4100km)
	17日	ふたご座で**火星が衝**(−1.4等)
2月	1日	白昼の**土星食**。宵の空で**月と土星、金星が接近**
	6日	翌未明にかけて月とプレアデス星団が大接近
3月	1日	夕方の空で細い月と水星が大接近
	5日	22時ごろ、プレアデス星団の食
	14日	皆既月食(北海道、東北、関東の一部で月出帯食)
	24日	**土星環の消失**(地球から見て環の傾きが0に)
4月	25日	未明～明け方の空で細い月と金星、土星が接近
5月	5日	**火星とかに座のプレセペ星団が大接近**
	6日	みずがめ座η流星群が極大
	7日	**土星環の消失**(太陽から見て環の傾きが0に)
6月	中旬	夕方の空で火星としし座のレグルスが大接近
7月	22日	未明～明け方の空で細い月と金星が並ぶ
8月	中旬	未明の空で金星と木星が接近
	12～13日	**ペルセウス座流星群が極大**
	16日	翌未明にかけて月とプレアデス星団の大接近と食
9月	上旬	未明～明け方の空で金星とプレセペ星団が大接近
	8日	未明に全国で**皆既月食**
	22日	うお座で**土星が衝**(0.6等)
10月	6日	中秋の名月(十五夜)
12月	14～15日	ふたご座流星群が極大
	31日	翌未明にかけて**月とプレアデス星団の大接近と食**

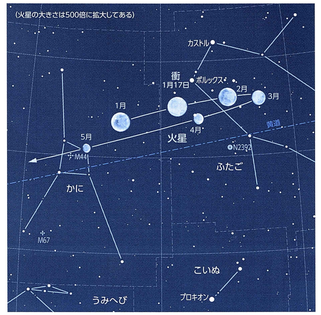




天文カレンダー資料／アストロアーツ　構成・作図／石田 智＋星ナビ編集部

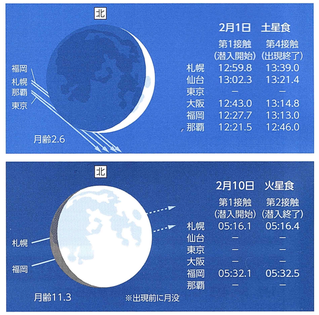
2025 Highlight 天文現象ハイライト

■1月17日　火星が衝。12日に地球に最接近



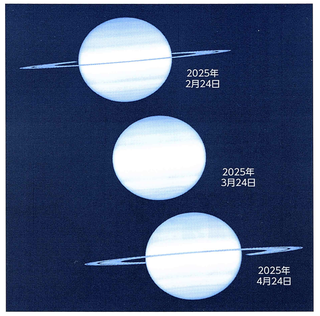
火星が1月17日にふたご座で衝となり、2年2か月ぶりに地球に近づく。12日の火星の視直径は14.6秒で、3月上旬までは視直径が10秒を超える。今回の接近は火星の北半球が春から夏に向かう時期にあたり、北極冠が見える。次の最接近は2027年2月20日で火星は遠日点に近く、視直径は最大でも13.8秒どまりだ。

■2月1日　土星食　■2月10日　火星食



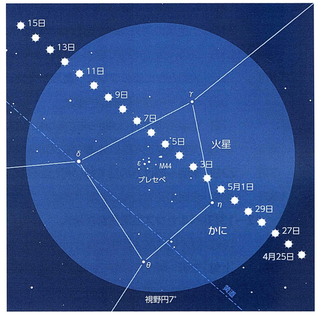
2025年に日本で見られる惑星食は3回ある。2月1日の土星食は関東地方の一部などを除く各地で見られる。2月10日の火星食は限界線が北海道～中国地方～九州北部を通り、それより南の地域では潜入前に月没になる。6月30日の火星食は北海道東部が掩蔽帯に入るが、日出後の超低空なので見るのは難しいだろう。

■3月24日　土星の環が消失



2025年には16年ぶりに土星の環の消失が起こる。3月24日には地球から見た環の傾きが0になるが、太陽に近いので見るのは難しい。5月7日には太陽から見た環の傾きが0になって環が見えなくなる。薄明中で高度は低いが、3月よりは条件が良い。11月25日にも環の傾きがごく小さくなり、好条件で楽しめる。

■5月5日　火星が散開星団M44に接近

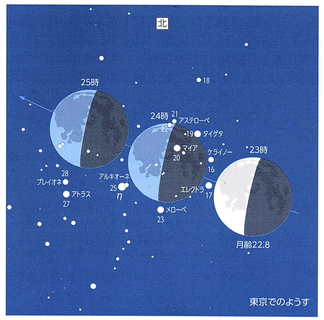


地球との接近を終え、ふたご座からかに座に移動した火星が、散開星団プレセペ(M44)に接近する。4月下旬から5月中旬までは双眼鏡の視野に火星と散開星団が同時に収まり、オレンジ色の火星と散開星団の微光星の対比が楽しめる。また、9月上旬には明け方の東の空で金星がプレセペに接近する。

■8月12～13日　ペルセウス座流星群が極大

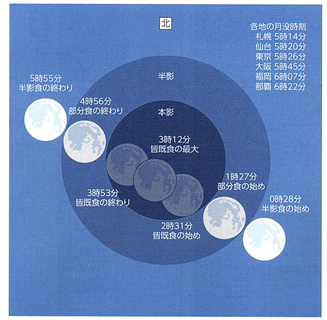
ペルセウス座流星群が8月12～13日に極大となる。月齢19の明るい月がうお座にあるが見逃せない流星群だ。1月4日に極大となるしぶんぎ座流星群は月明かりがなく、ピークが日本の夜間にあたる最高の条件だ。12月14～15日に極大となるふたご座流星群は未明に月が昇るが、それまでは暗夜で観望できる。

■8月16日　プレアデス星団の食



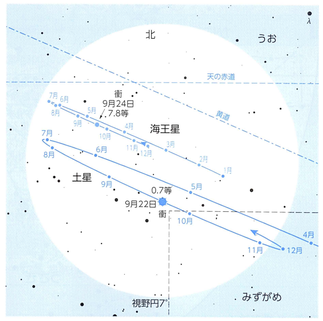
月がおうし座のプレアデス星団の星々を隠す現象が頻繁に起こる。日本から条件が良いのは3月5日、8月16日、11月7日、12月31日の4回だ。8月16日の食は月出後まもなく起こるが、暗縁からの出現は月の高度が高くなって見やすい。小口径の望遠鏡でも、3～4等の明るい星が月縁から次々に現れるようすが楽しめる。

■9月8日　全国で皆既月食



9月8日の未明に皆既月食が起こる。食の最大は3時12分で、最大食分は1.367。食の最大時の月の高度は関東で25度前後、北海道で約18度、九州で約32度となり、全国で部分食の終了まで見られる。3月14日にも皆既月食が起こるが、月出が部分食終了後(北海道を除く)なので、事実上の半影月食となる。

■9月22日 土星が衝　■9月24日 海王星が衝



うお座とみずがめ座の境界付近で、土星と海王星が相次いで衝を迎える。環消失の年の土星は環の明るさが少ない分、暗く見えるはずだ。海王星は7.8等で双眼鏡や望遠鏡を使えば見える明るさだが、目印がないと見つけにくい。衝の前後は土星が近くにあるので、土星を観望したあとは海王星にも目を向けてみよう。

皆既月食が3月14日と9月8日に起こるが，日本でよく観測できるのは9月8日のほう．深夜から欠け始め，3時10分頃に皆既食最大，部分食が終わるのは5時前．
月がおうし座のプレアデス星団(昴)の星を隠す現象が，何度か起きる．日本から条件が良いのは3月5 日、8月16日、11 月7日、12 月31日の4 回．

次の皆既月食は来年3月3日．見やすい時間におきる．

2025年の惑星観望

水金地火ケレス木土天海冥・ハウメア・マケマケ・エリス

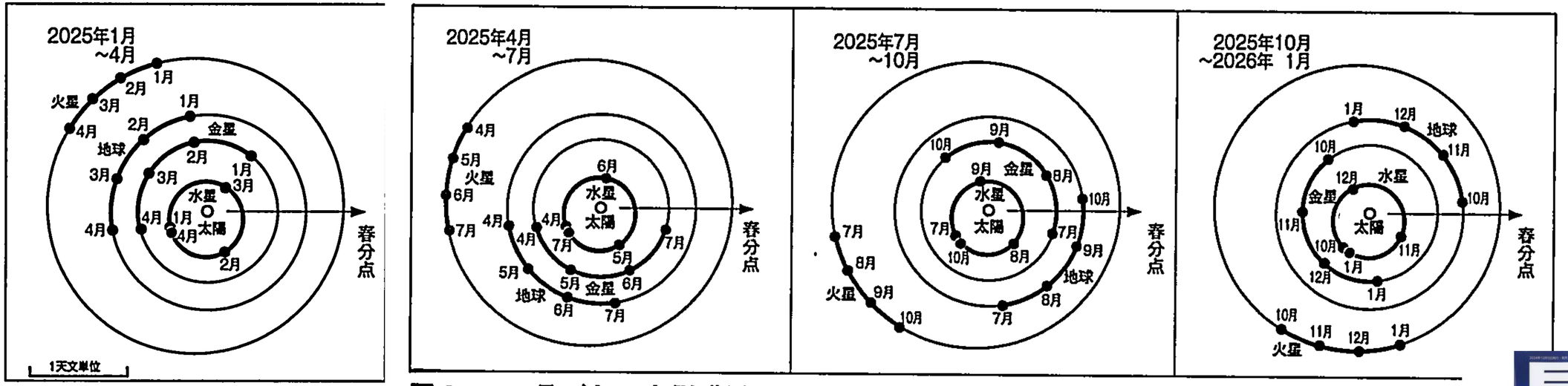


図2　3ヵ月ごとの内側惑星の動き　・印は毎月1日の位置

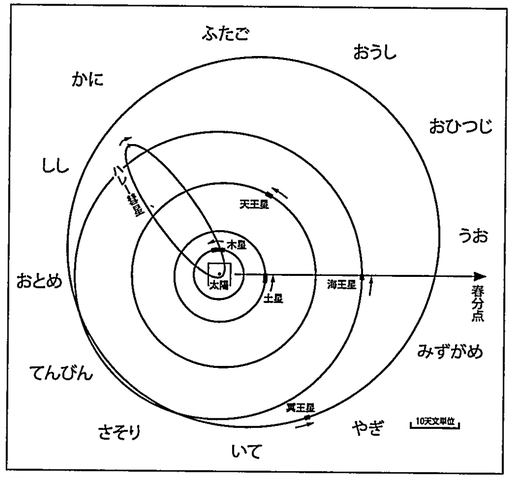
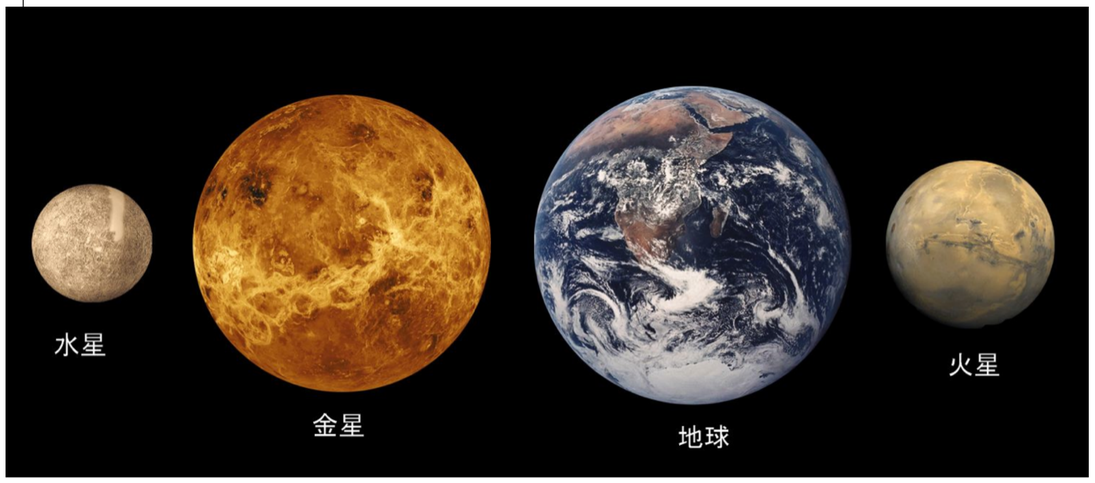


図1　2025年の太陽系（太線は今年中に動く範囲）



2025年の火星

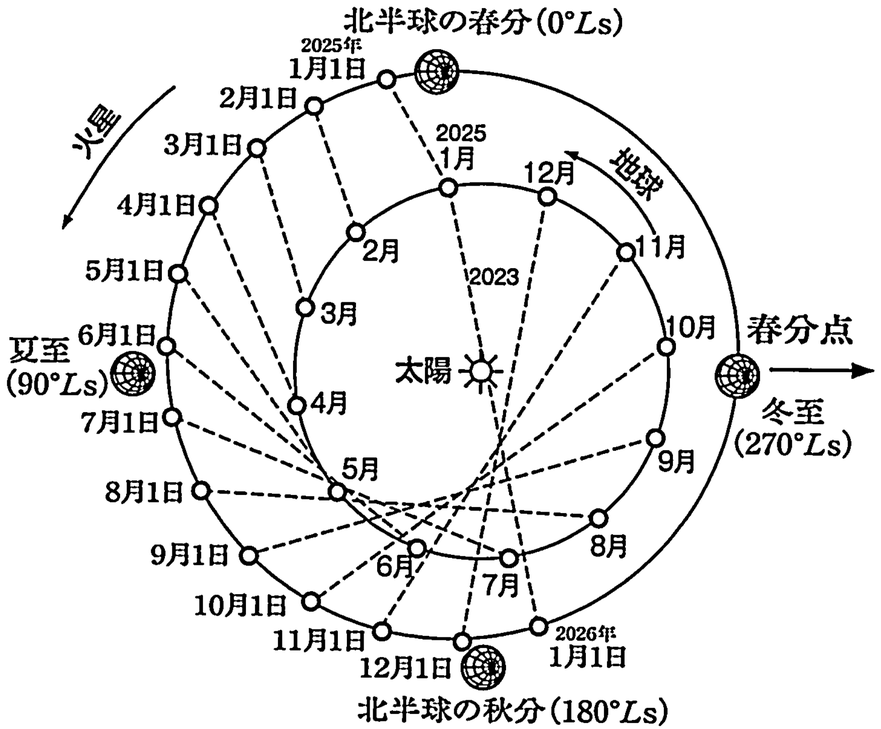


図１　2025年　地球と火星の位置

しばらく見えない

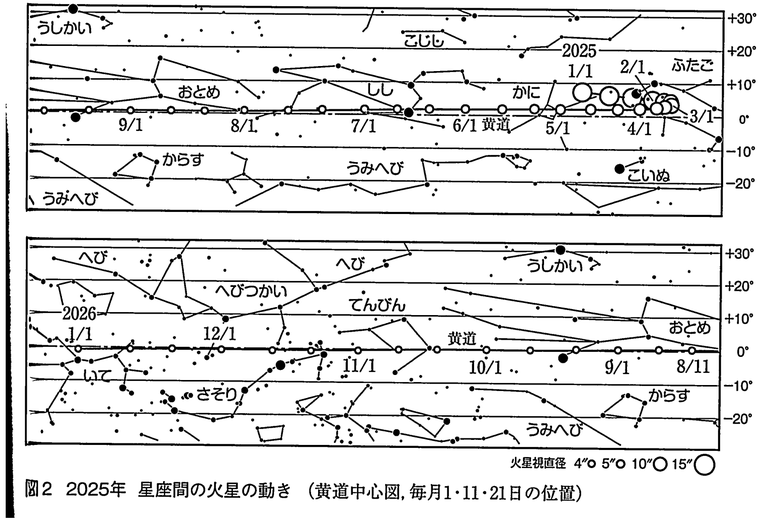


図2　2025年　星座間の火星の動き　(黄道中心図, 毎月1・11・21日の位置)

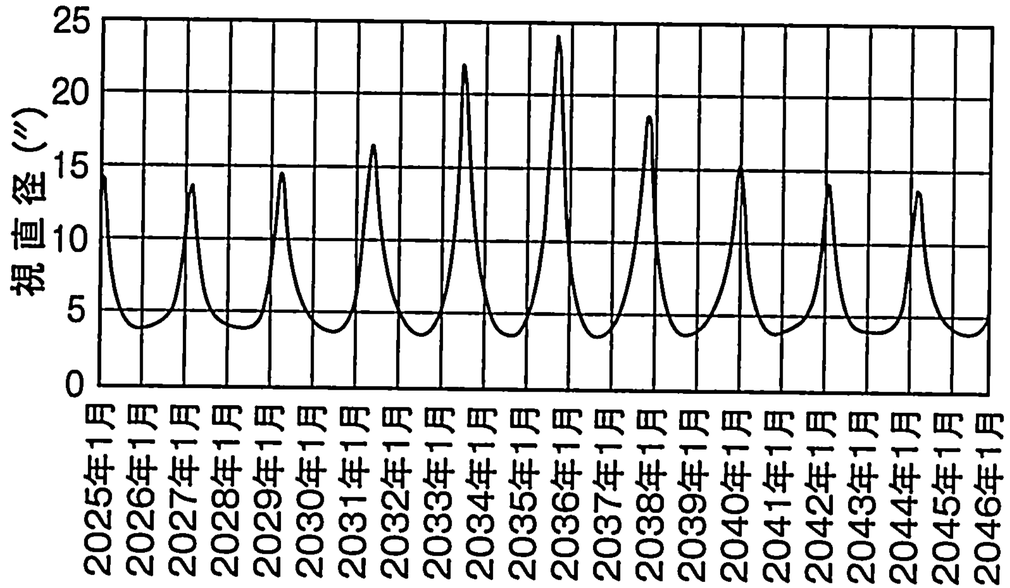


図3　火星の視直径の変化（2025年～2045年）

2025年の水星・金星

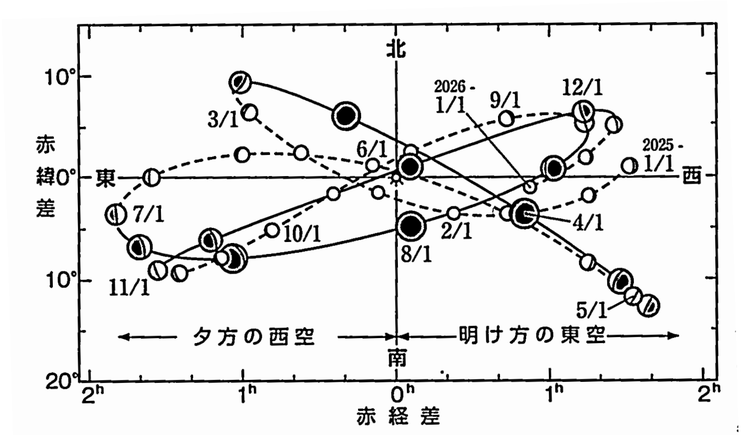


図1　太陽の周りの水星の動き（毎月1・11・21日の位置）

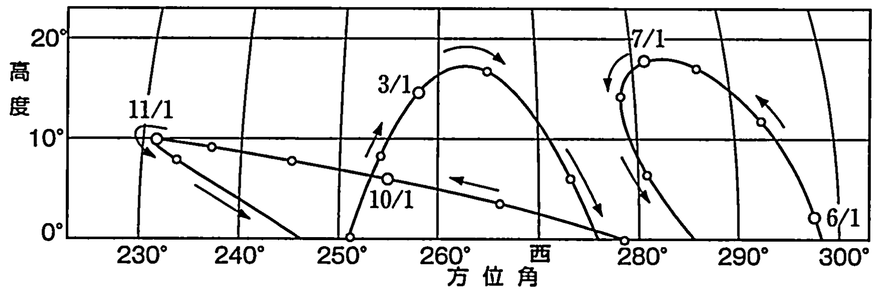


図3　日没時の水星の高度と方位角（東京での値）

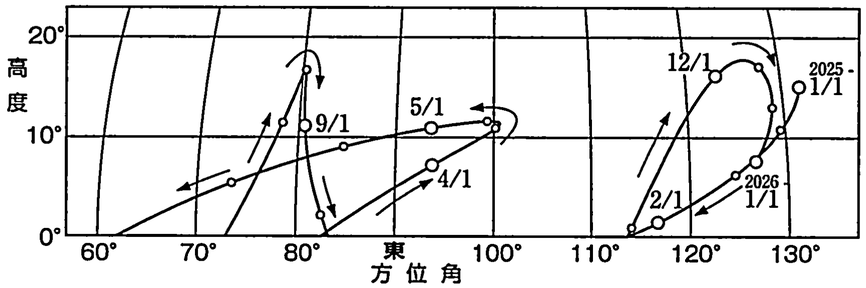


図4　日出時の水星の高度と方位角（東京での値）

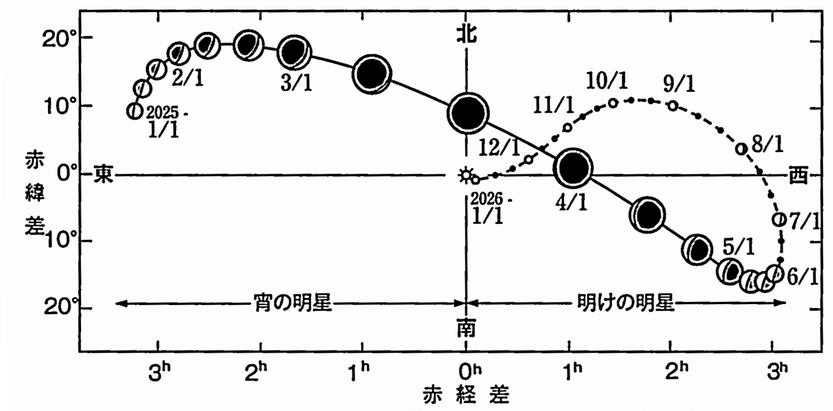


図1　太陽の周りの金星の動き（毎月1・11・21日の位置）

金星は現在，明けの明星．
年内は太陽に接近していくので見にくい

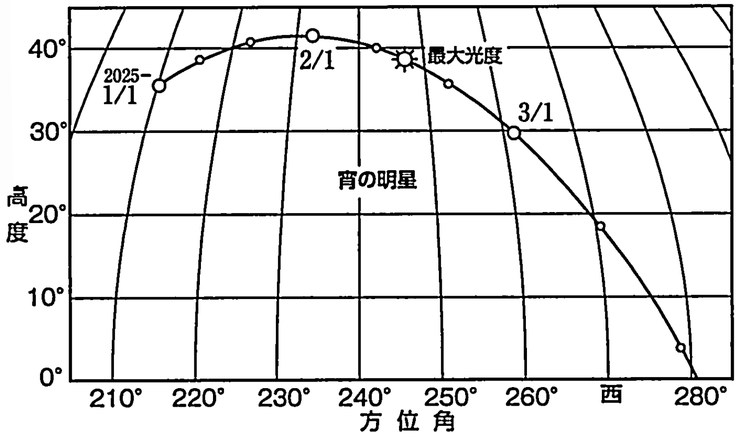


図3　日没時の金星の高度と方位角（東京での値）

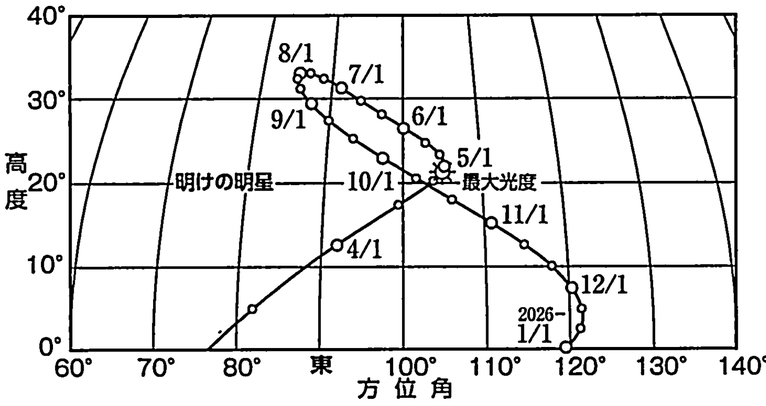
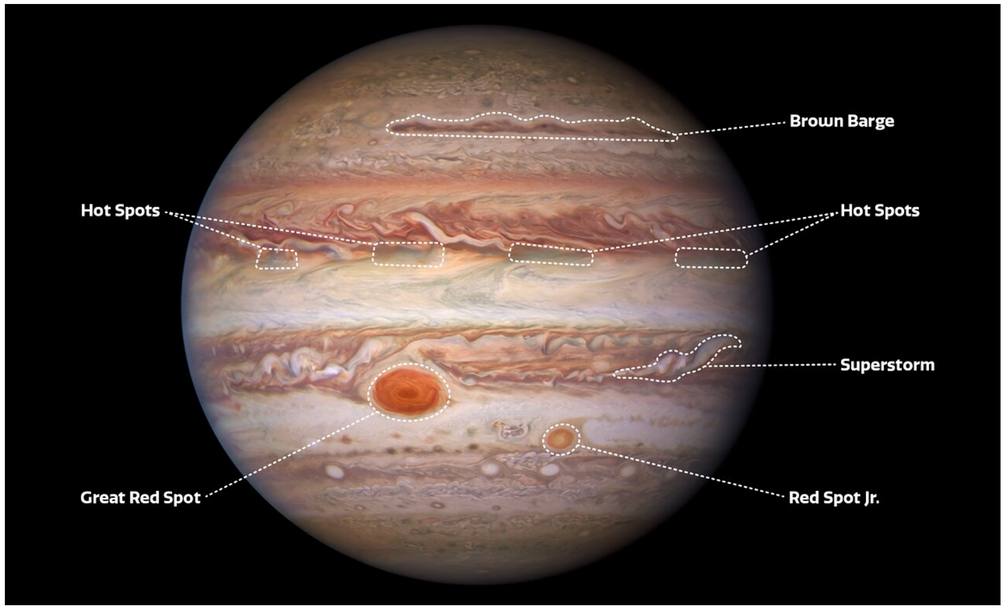
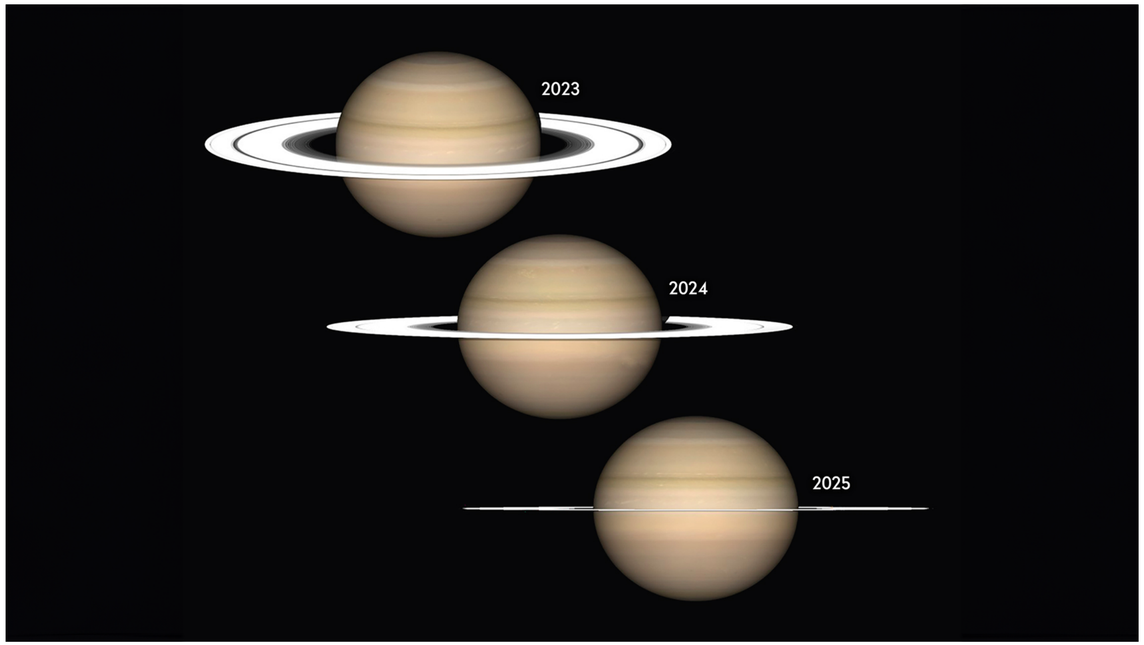


図4　日出時の金星の高度と方位角（東京での値）

2025年の木星・土星





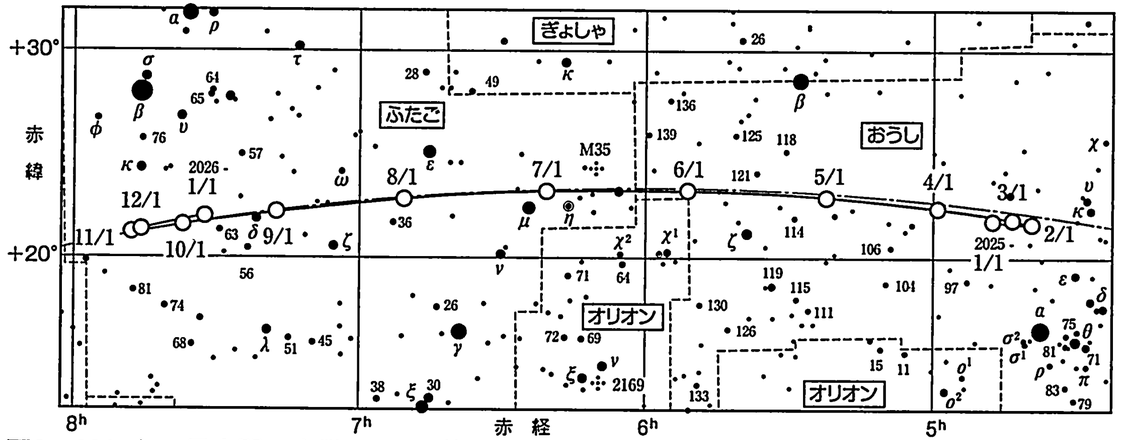


図2　2025年　星座間の木星の動き（毎月1日の位置）

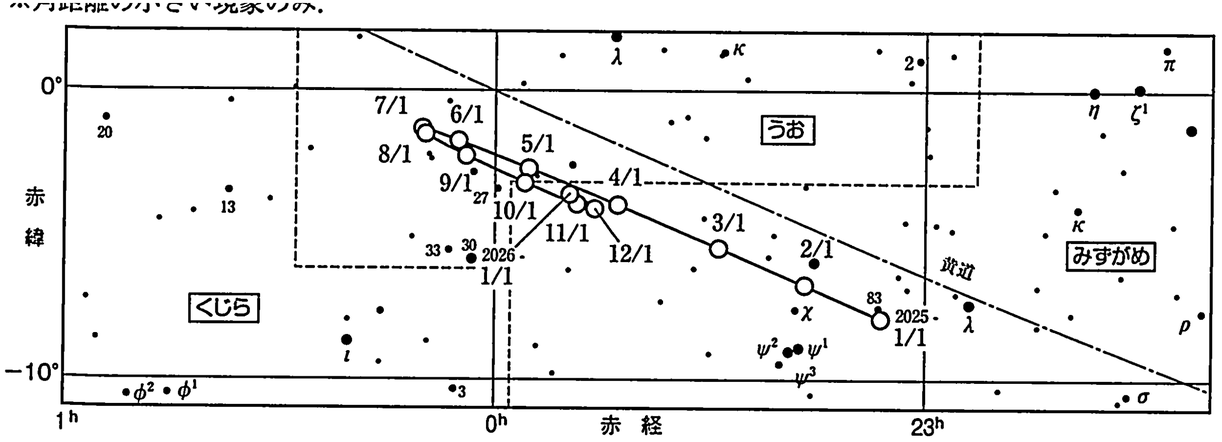
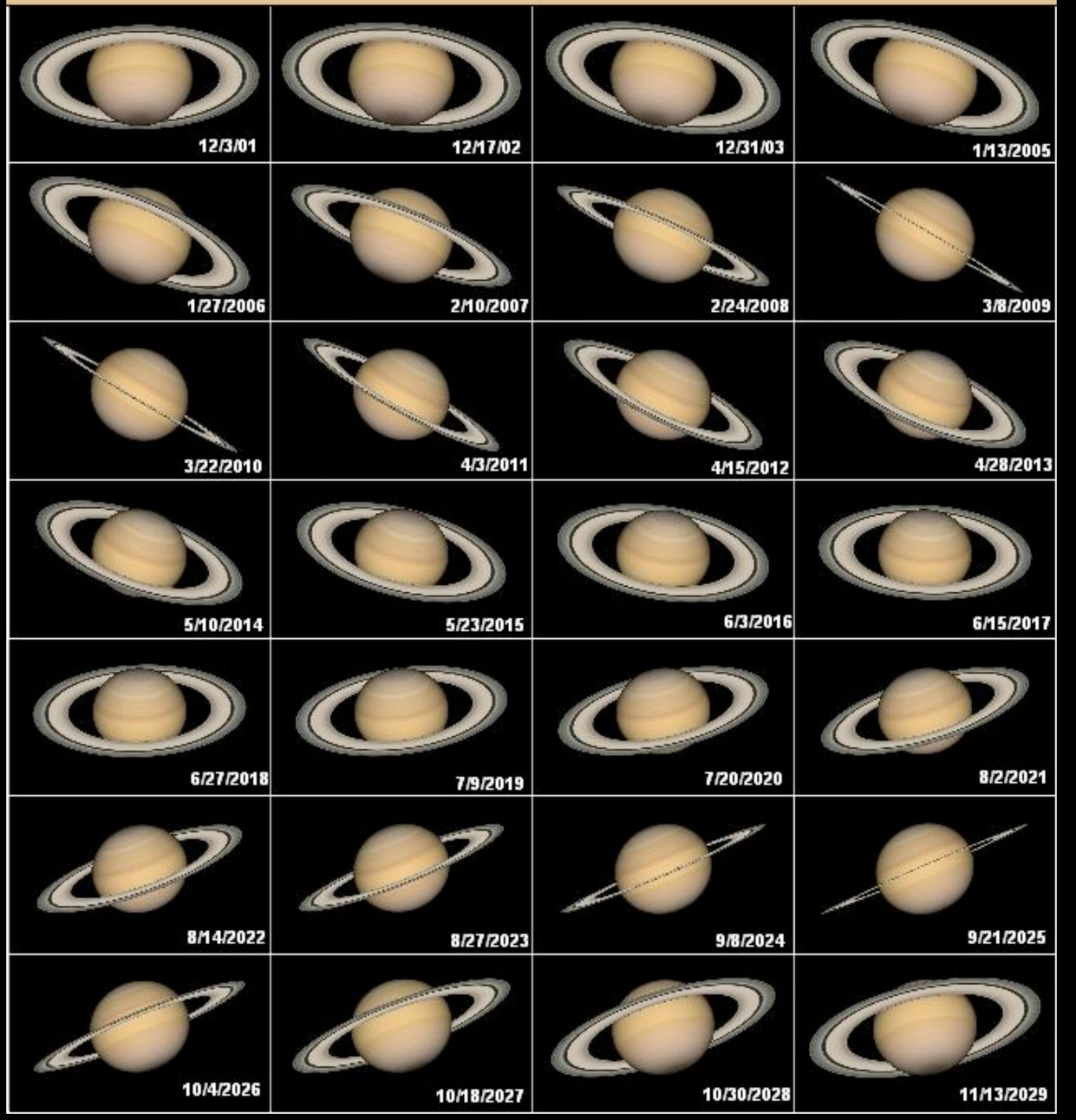


図2　2025年　星座間の土星の動き（毎月1日の位置）

冬に見やすい位置にある

土星は30年ぶりに輪が見えなくなる.
いまは, 夜8時に東の空に見える. 結構明るい.

Saturn Oppositions: 2001 - 2029



火星・木星・土星の動き　2025年

火星

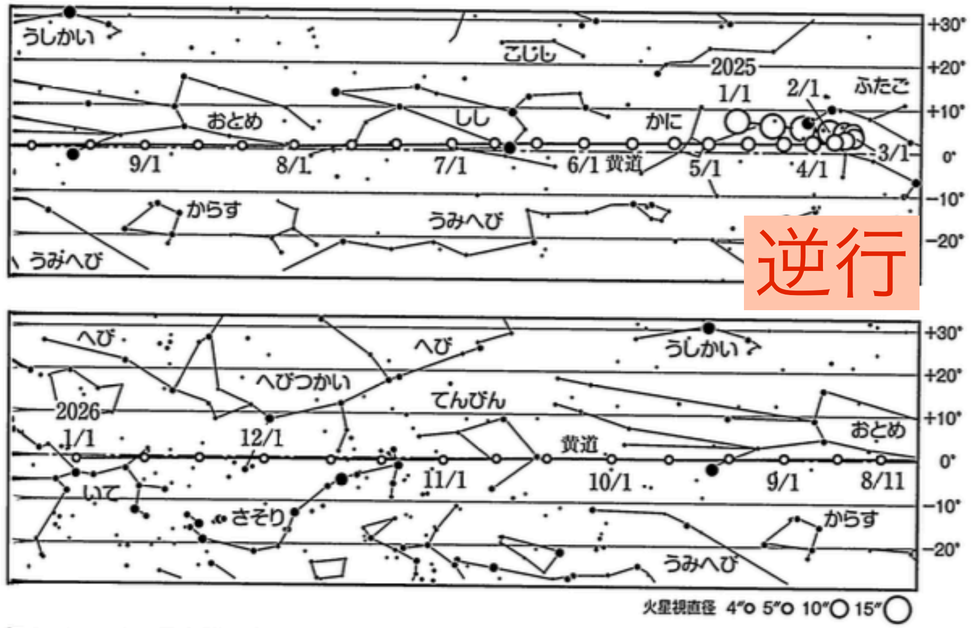


図2　2025年　星座間の火星の動き　（黄道中心図，毎月1・11・21日の位置）

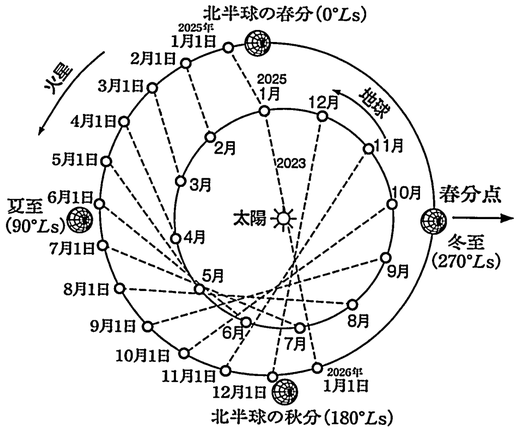


図1　2025年　地球と火星の位置

木星

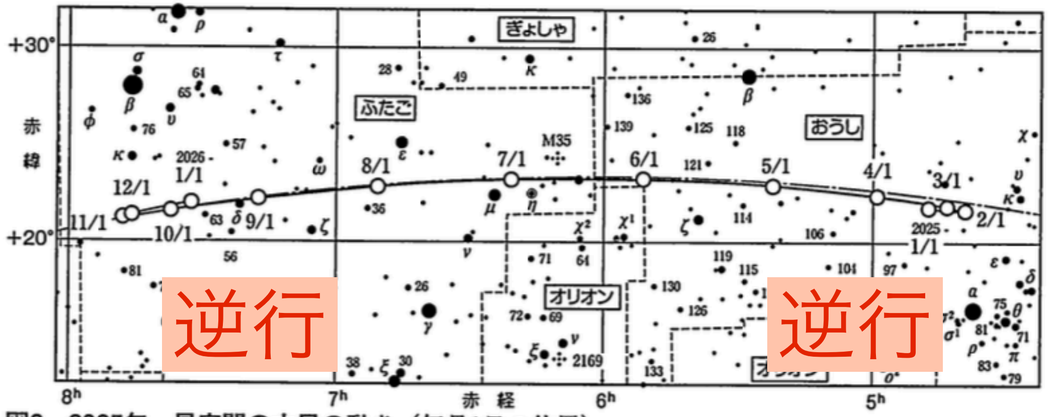


図2　2025年　星座間の木星の動き（毎月1日の位置）

土星

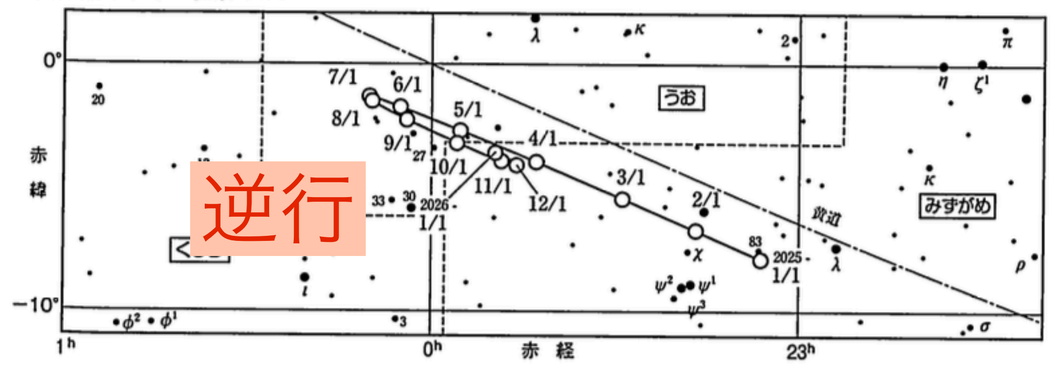


図2　2025年　星座間の土星の動き（毎月1日の位置）

2025年の流星群

表1　主な流星群

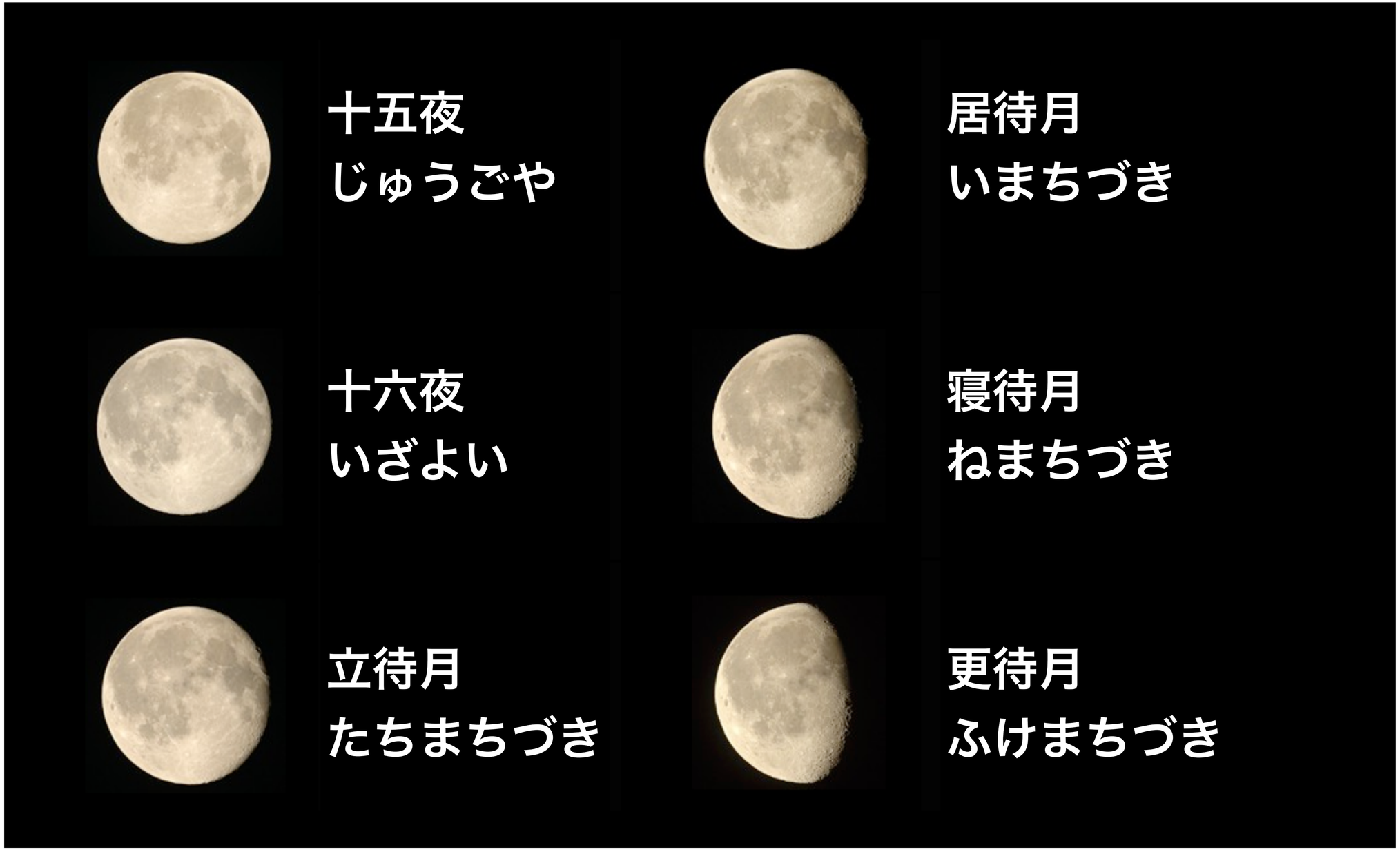
流星群名	出現期間	極大 時刻 (JST)	極大 太陽黄経 (2000.0)	輻射点 赤経 (2000.0)	輻射点 赤緯 (2000.0)	予想HR	極大日の月齢 12^h (JST)	流星性状	観測条件
1 しぶんぎ座	1月 1日 ～ 1月 7日	1月 4日00時	283.°15	230°	+49°	50	5	中～速	最良
2 4月こと座	4月16日 ～ 4月25日	4月22日22時	32. 32	271	+34	10	23	中～速	良
3 みずがめ座η	4月25日 ～ 5月20日	5月 6日12時	45. 5	338	− 1	15	8	速・痕	良
4 みずがめ座δ南	7月15日 ～ 8月20日	7月31日16時	128. 0	340	−16	15	5	中	最良
5 やぎ座α	7月10日 ～ 8月25日	7月31日16時	128. 0	307	−10	3	5	緩	最良
6 ペルセウス座	7月20日 ～ 8月20日	8月13日05時	140. 0	48	+58	40	19	速・痕	悪
7 はくちょう座κ	8月 8日 ～ 8月25日	8月17日09時	144. 0	286	+59	5	23	緩	良
8 9月ペルセウス座ε	9月 5日 ～ 9月17日	9月 9日21時	166. 7	60	+47	3	16	速・痕	最悪
9 10月りゅう座	10月 5日～10月13日	10月 9日04時	195. 4	262	+54	5	17	緩～中	最悪
10 オリオン座	10月10日～11月 5日	10月21日21時	208. 0	95	+16	20	29	速・痕	最良
11 おうし座南	10月15日～11月30日	11月 5日	223	52	+15	7	14	緩	最悪
12 おうし座北	10月15日～11月30日	11月12日	230	58	+22	5	21	緩	悪
13 しし座	11月 5日～11月25日	11月18日03時	235. 27	152	+22	20	27	速・痕	最良
14 ふたご座	12月 5日～12月20日	12月14日17時	262. 2	112	+33	60	23	中	良
15 こぐま座	12月18日～12月24日	12月23日01時	270. 7	217	+76	7	3	緩	最良

1朔望月＝29.53日

毎日，月の出の時刻は
50分づつ遅くなる

月の呼び名

教科書p6



『月々に月見る月は多けれど月見る月はこの月の月』（よみ人知らず）

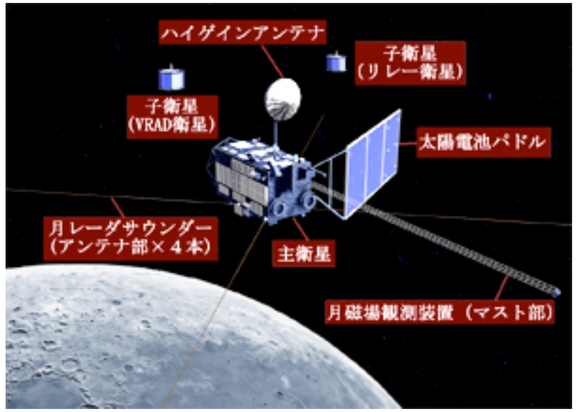
半径　6378km

半径　3474km

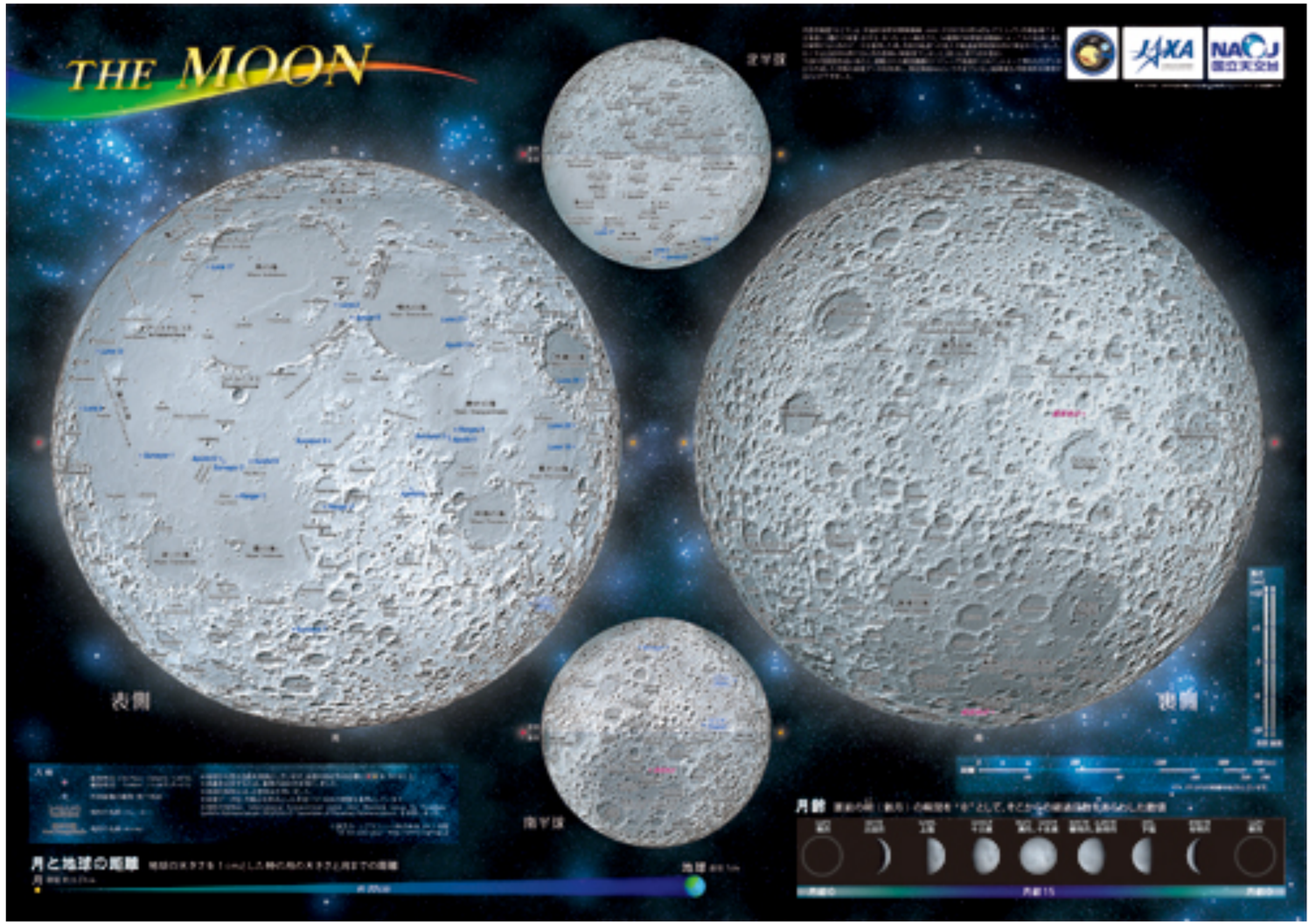
距離　388400km

月探査機かぐや(2007-2009)による月面撮影

教科書p8



http://wms2.wms.selene.darts.isas.jaxa.jp/
http://www.kaguya.jaxa.jp



月の裏側はでこぼこ．「海」がない．

教科書p７

月の見かけの大きさ

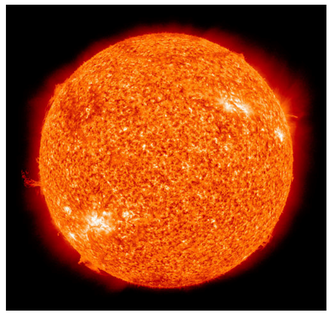
量目 3.75g ＝ 1匁
　=> 1000枚で1貫
直径 22mm
孔径 5mm

月の見かけの視直径は 約 0.5 度（より正確には，31 分角 = 31/60 度）である †．これは，1 m 先にある 5 円玉の穴の大きさとほぼ等しい．この角度から，月の半径 $R_{月}$ は，

$$D_{月} \times \frac{31}{60} \frac{\pi}{180^\circ} = 2R_{月} \tag{1.5}$$

より，$R_{月} \approx 1677\,\mathrm{km}$ となる．（実際には 1730 km，地球のおよそ 1/4 である．）

太陽の見かけの大きさ



量目 3.75g ＝ 1匁
　=> 1000枚で1貫
直径 22mm
孔径 5mm

(1.5) 式と同じように，太陽の半径 $R_\odot$ を求めると，

$$D_\odot \times \frac{32}{60}\frac{\pi}{180^\circ} = 2R_\odot \tag{1.6}$$

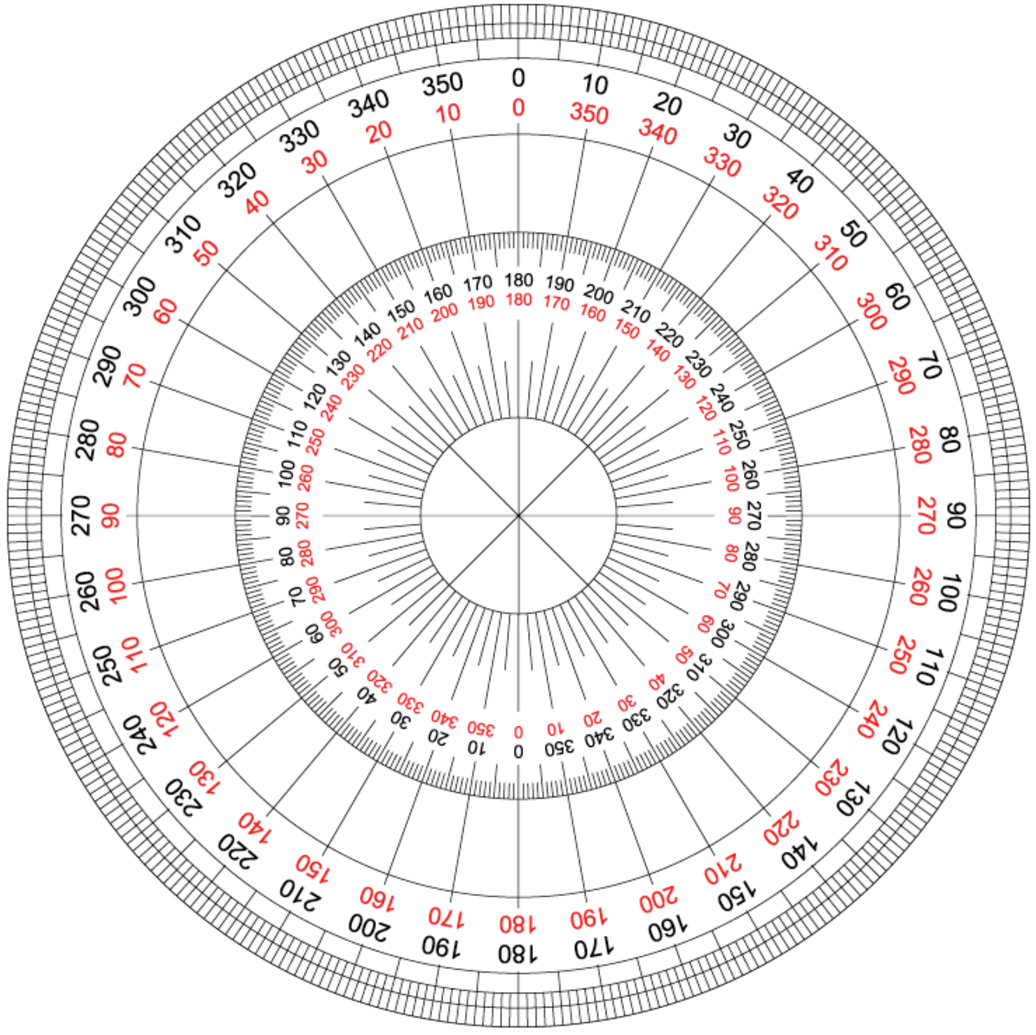
より，$R_\odot \approx 70$ 万 km となる．$\odot$ は太陽を表す記号である．

【背景となる話】

角度の単位　　１度より小さい角度は　分と秒

１度＝60分　minute

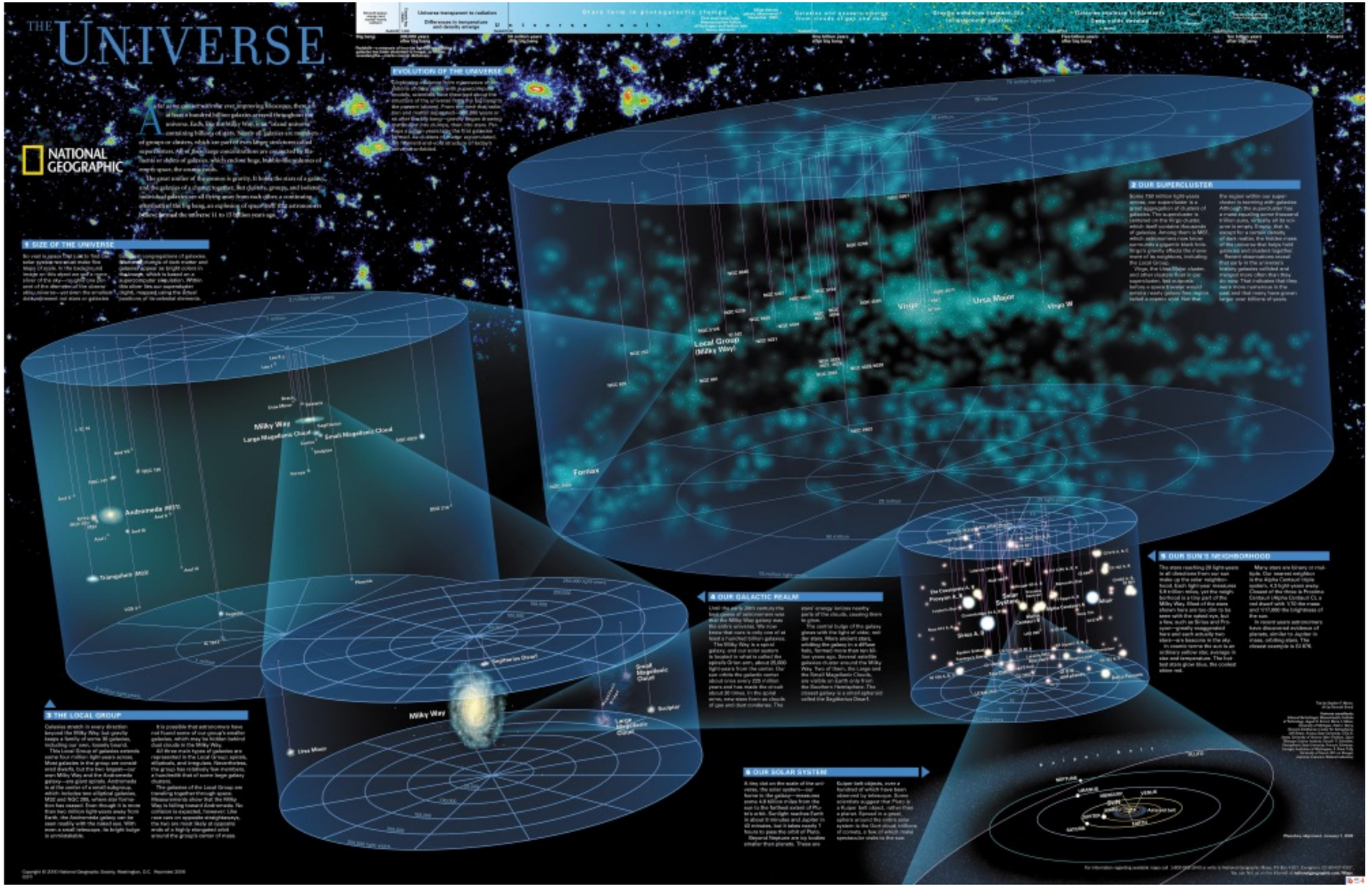
１分＝60秒　second minute



コラム３　月に関する豆知識

- 地球から月までの距離は，38 万 4400 km．年に 3 cm ずつ遠ざかっている．
- 月の直径は，約 3500 km．地球の約 1/4．月の上での重力は地球上の約 1/6．空気分子が飛び出してしまう弱い重力のため，月面は真空である．空気による対流がないので，太陽の光が当たる所は温度 100 度以上，陰の部分は −100 度以下になる．
- ガリレオ・ガリレイが 1609 年に天体望遠鏡をつくり，月の表面を見て凸凹であることに驚いた (§2.2.3)．それまでは，天体は完全な球であると信じられていた．月のクレーター模様から白い所は「陸」，黒い所は「海」と呼ばれているが，水はない．黒い所は玄武岩の成分が多い箇所．
- 月の形成にはいろいろ説があるが，巨大衝突説が有力．地球に火星ほどの大きさの天体（直径は地球の半分位）が衝突し，互いに分裂したあと，次第に重力で合体した，というもの．コンピュータシミュレーションでは，衝突から 1 か月後に月ができる結果になる．
- 1969 年 7 月 20 日，アメリカはアポロ 11 号を月面に着陸させ，アームストロング (Neil Armstrong, 1930–2012) 船長がまず月面に降り立った．その第一声は，「One small step for [a] man, one giant leap for mankind.（一人の人間にとっては小さな一歩だが，人類にとっては大きな飛躍だ)」．この言葉はハッチを開ける数時間前に決めていたという．
- 2017 年，JAXA は，月の地下に巨大な空洞を確認した，と発表した．月周回衛星「かぐや」の軌道データを解析した結果，月の火山地域の地下の数 10 m〜数 100 m の深さに複数の空洞を発見したという．そのうちの 1 つは縦穴から奥へ数 10 km 広がっている可能性があるという．
- 月にウサギはいない．かぐや姫もいない．

1. 宇宙の階層構造



National Geographic Universe Reference Map

地球の公転軌道は楕円である

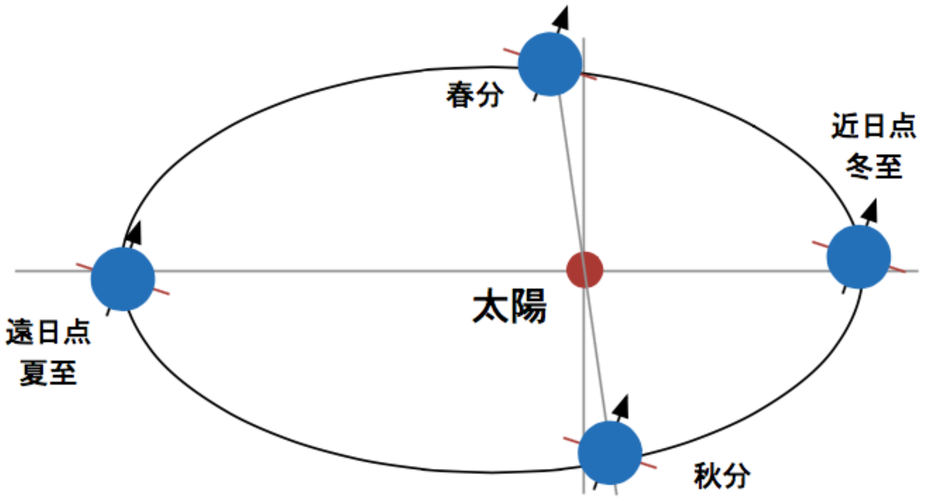


図1.3 地球の公転軌道は楕円であり，北半球が冬のときの方が太陽に近い．この図は楕円を極端に描いている．地球太陽間の平均距離で 1 億 5000 万 km だが，太陽は楕円の中心からわずかに 250 万 km 離れた場所にある．

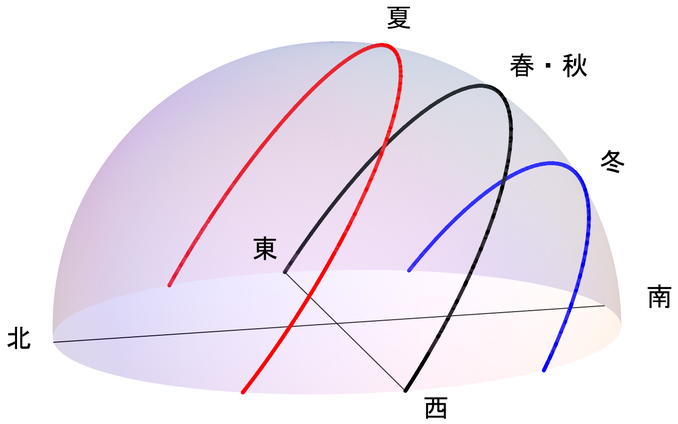
2025/2026 年の場合，

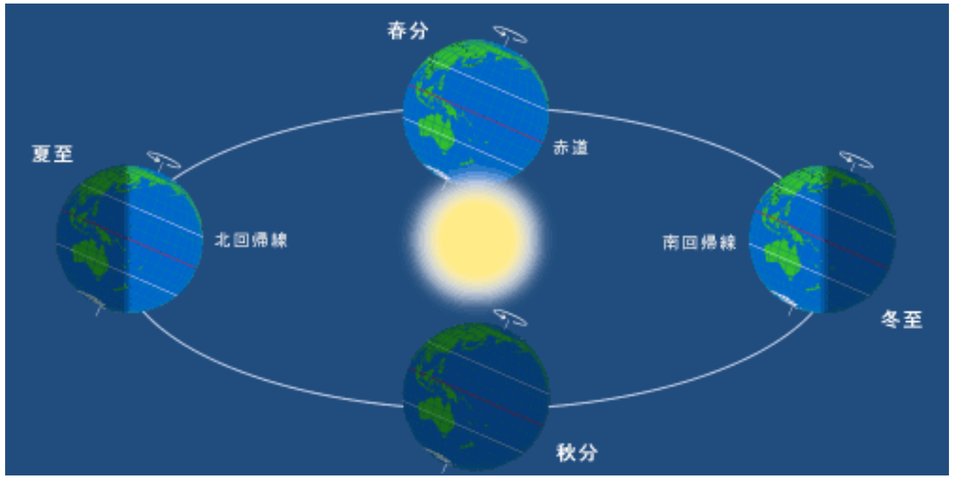
春分の日(3/20)から秋分の日(9/23)までは 186 日

秋分の日(9/23)から春分の日(3/20)までは 177 日

教科書p3

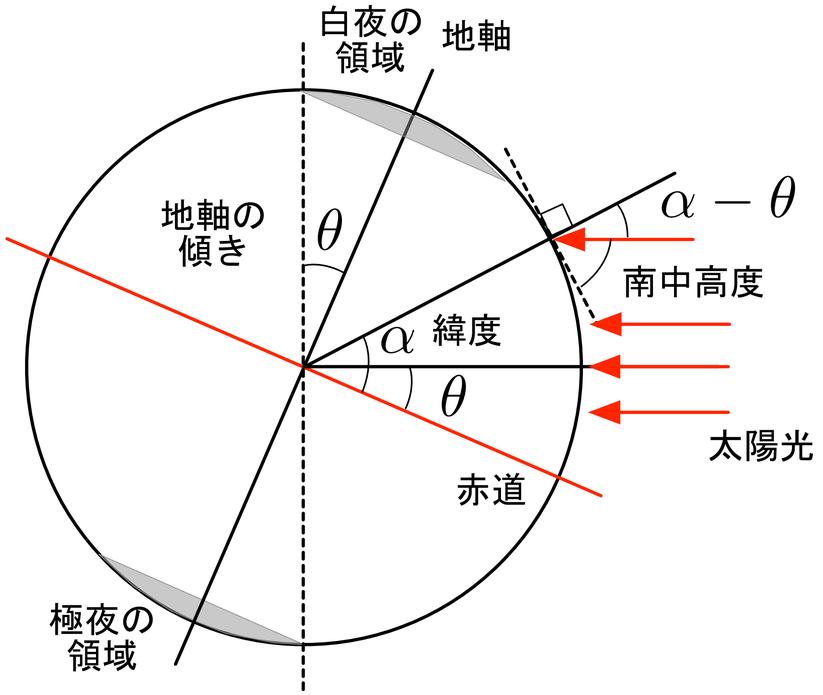
季節が生じるのは地球の自転軸の傾き





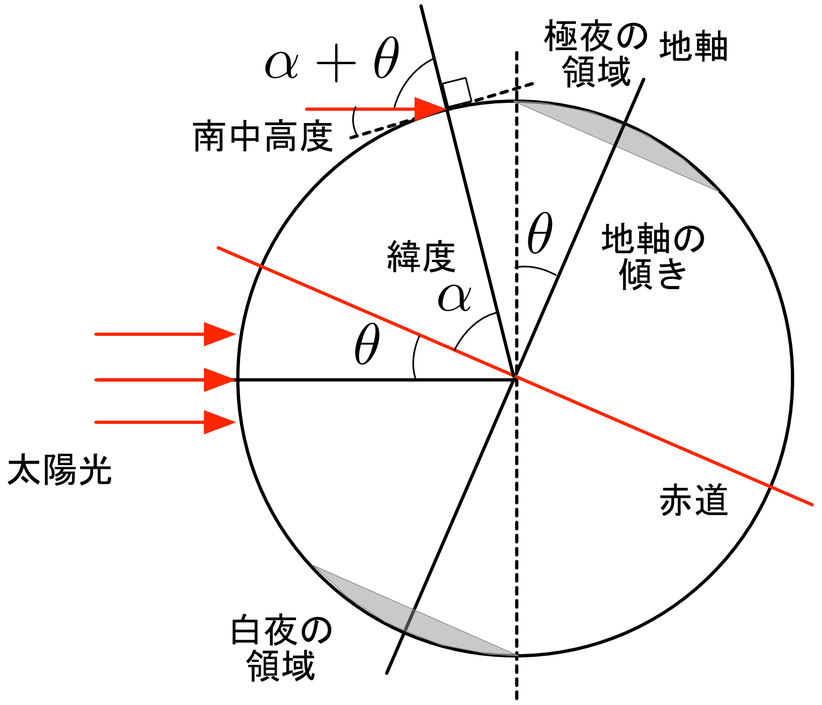
太陽の南中高度は？

夏至の頃（6月22日頃）



（a） 夏至の頃

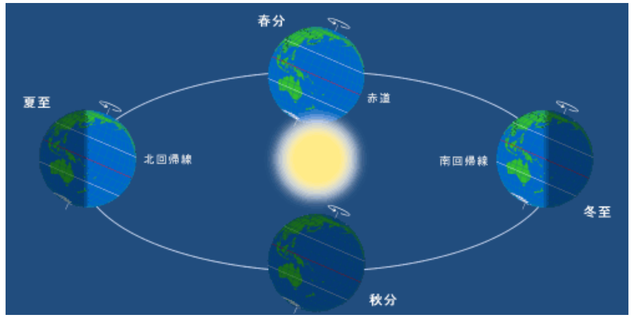
冬至の頃（12月22日頃）



（b） 冬至の頃

太陽

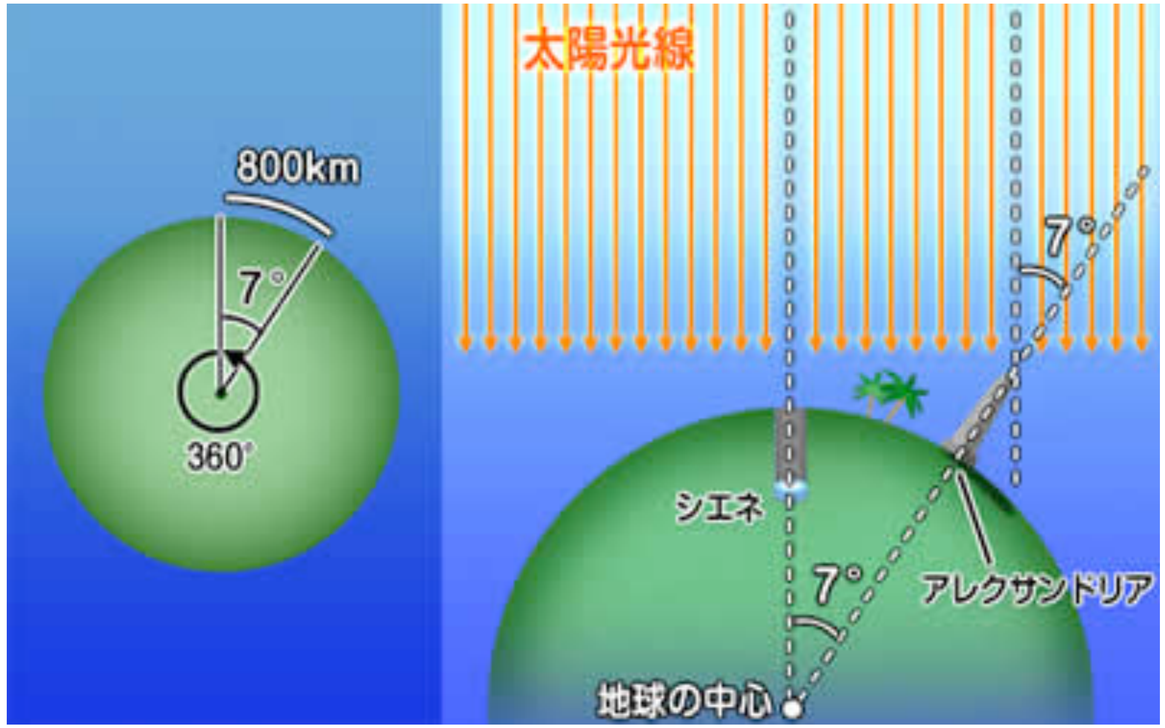
南中高度
北緯35度では78.5度

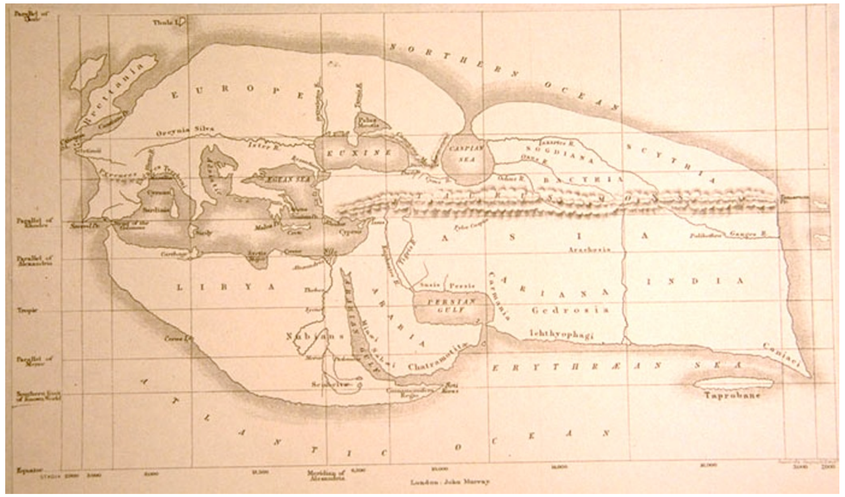


南中高度
北緯35度では31.6度

地球の大きさの測定：エラトステネス

(B.C.275−B.C.194)





当時の世界地図

19th century reconstruction of Eratosthenes' map of the known world

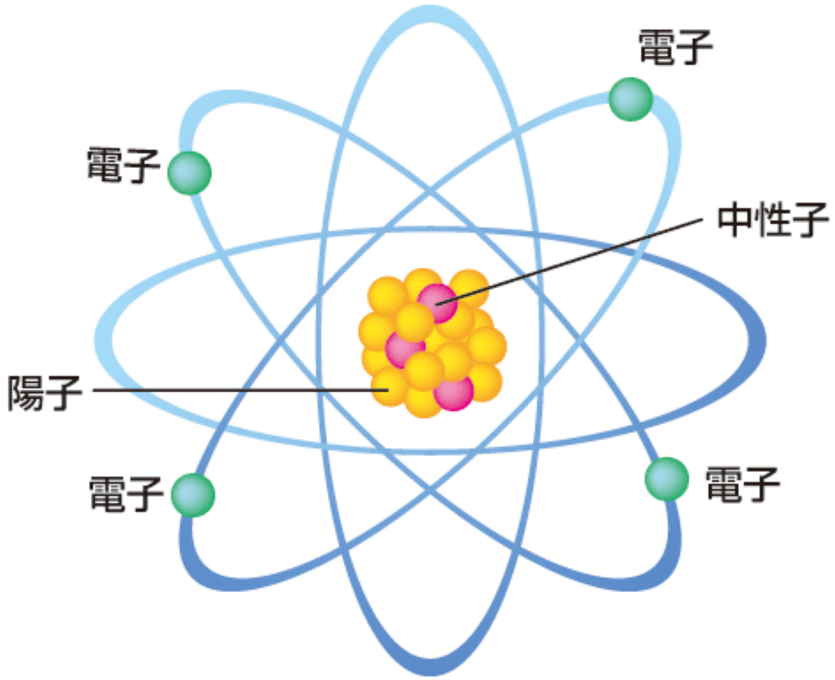
http://rikanet2.jst.go.jp/contents/cp0320a/start.html

10進数　大きさを表す接頭語

表 1.3　大きさを表す接頭語

大きさ		接頭語		記号		
10^{24}	1,000,000,000,000,000,000,000,000	ヨッタ	yotta	Y		
10^{21}	1,000,000,000,000,000,000,000	ゼッタ	zetta	Z		
10^{18}	1,000,000,000,000,000,000	エクサ	exa	E		100 京
10^{15}	1,000,000,000,000,000	ペタ	peta	P		1000 兆
10^{12}	1,000,000,000,000	テラ	tera	T	Trillion	1 兆
10^{9}	1,000,000,000	ギガ	giga	G	Billion	10 億
10^{6}	1,000,000	メガ	mega	M	Million	100 万
10^{3}	1,000	キロ	kilo	k	Thousand	千
10^{2}	100	ヘクト	hecto	h	Hundred	百
10	10	デカ	deca	da	Ten	十
1	1				One	一
10^{-1}	0.1	デシ	deci	d	Tenth	
10^{-2}	0.01	センチ	centi	c	Hundredth	
10^{-3}	0.001	ミリ	milli	m	Thousandth	
10^{-6}	0.000001	マイクロ	micro	μ	Millionth	
10^{-9}	0.000000001	ナノ	nano	n	Billionth	
10^{-12}	0.000000000001	ピコ	pico	p	Trillionth	
10^{-15}	0.000000000000001	フェムト	femto	f		
10^{-18}	0.000000000000000001	アト	atto	a		
10^{-21}	0.000000000000000000001	ゼプト	zepto	z		
10^{-24}	0.000000000000000000000001	ヨクト	yocto	y		

原子核と原子のサイズ



原子核

10^{-15} m

原子の大きさ

10^{-10} m

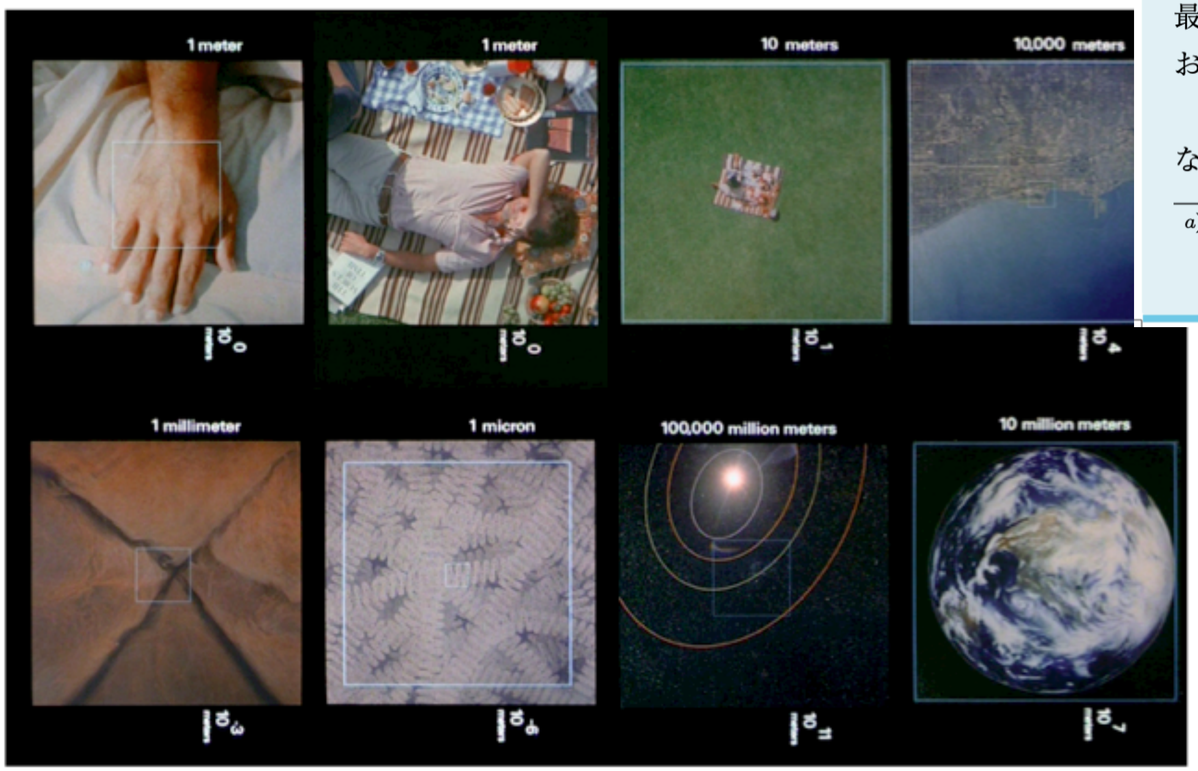
10 cm とすると,

$$10 \times 10^5 = 10^6 \text{ cm} = 10^4 \text{ m} = 10 \text{ km}$$

【話題】

Powers of Ten

教科書p27



コラム 6　『Powers of Ten』

家具デザインで有名なチャールズ・イームスとその妻レイによって 1968 年につくられた教育映画『Powers of Ten』を鑑賞しよう [a]．タイトルの Powers とは「力」ではなく「べき乗」という意味であり，「10 のべき乗 (10^n)」という意味である．

映画の前半は，10 秒ごとにスケールを 10 倍にしていく映像である．最初，シカゴの公園に寝転がっている男性を真上からとらえている映像から始まり，正方形に区切られた映像は縦・横が 1 m × 1 m の範囲を示している．10 秒かけてカメラは上空へ移動して，その範囲は 10 m × 10 m へ．そして，その 10 秒後にはさらに上空から 100 m × 100 m の範囲になる．これを繰り返し，宇宙の果てまでを描く映画である．（宇宙の大きさについては，現在私たちが得ている値と違う．）

映画の後半は，公園の映像から，今度は 1/10 ごとにミクロの世界をクローズアップしていく．この最後も原子核レベルに到達するが，当時はまだ，素粒子やクォークという概念はまだ一般には知られておらず，ここでも時代を感じさせる．

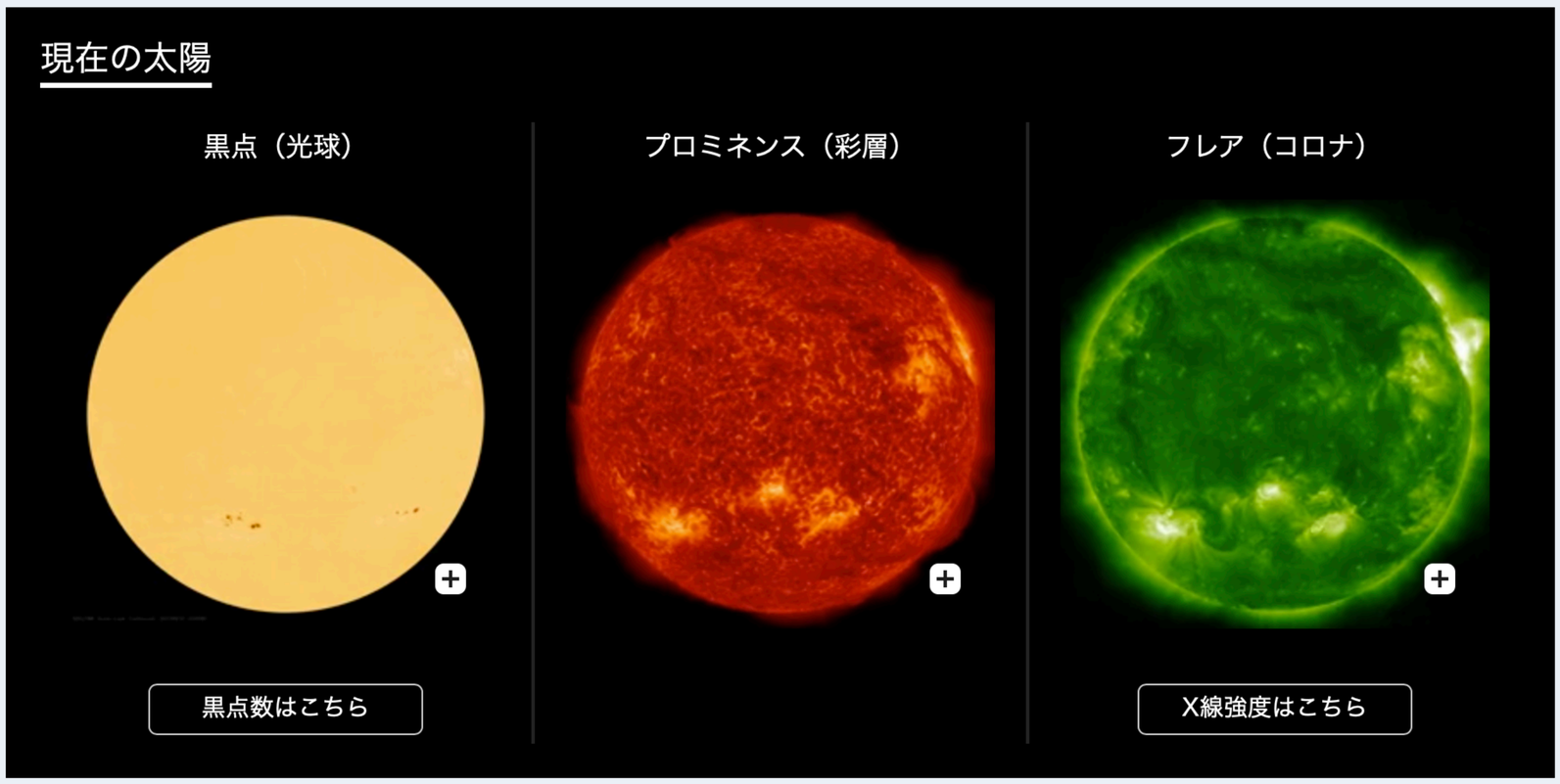
CG のなかった時代の古い映像作品だが，実写からアニメーションへのスムーズな移行は，当時大きな話題になったそうだ．

---

[a] The Films of Charles & Ray Eames - The Powers of 10 (1968)．Youtube で視聴可．次のサイトも楽しんでほしい．`http://www.powersof10.com/`

Powers of Ten (1977)　9min

太陽



SDO | Solar Dynamics Observatory

太陽黒点は「日食グラス」で見ることができます．絶対に裸眼で太陽を見てはいけません．

https://swc.nict.go.jp

【天文】　2024年5月10日　　最大クラスの太陽フレア連発, 世界各地でオーロラ観測

イギリス東部の沿岸で観測されたオーロラ＝英ウィットリーベイで2024年5月10日、AP

11日夜、能登半島の珠洲市で観測された星空。オーロラの影響とみられる
＝2024年5月11日午後8時40分ごろ撮影（石川県柳田星の観察館「満天星」提供）

https://mainichi.jp/articles/20240511/k00/00m/040/101000c
https://mainichi.jp/articles/20240511/k00/00m/040/251000c

地球磁場とオーロラ

Topic　オーロラのみえる範囲

北極や南極の空では，音もなく色とりどりの幻想的なオーロラが出現する．これは，宇宙から地球へ飛び込む電子が大気中の原子や分子と衝突するときに発光する現象である．酸素原子と反応すれば緑や赤に，窒素原子と反応すればピンク色になる．

地球には磁場があるため，電子は簡単には入り込めないが，高緯度では磁力線に沿って侵入することができる．そのため，オーロラはおもに高緯度で観測される．太陽活動が活発になると，大量の電子が放出されるため，オーロラは低緯度でも観測されるようになる．ちなみに，北極と南極の両方で，同時刻に逆巻きのオーロラが発生していることが知られている．

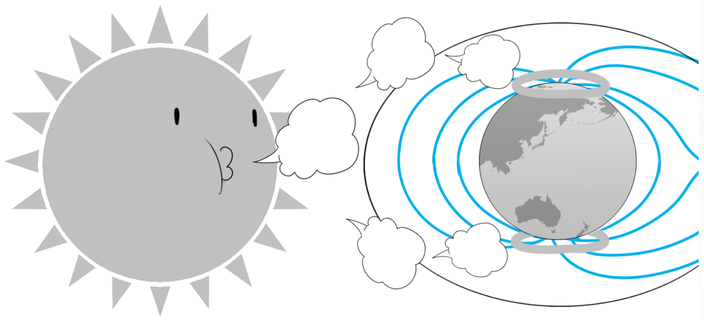
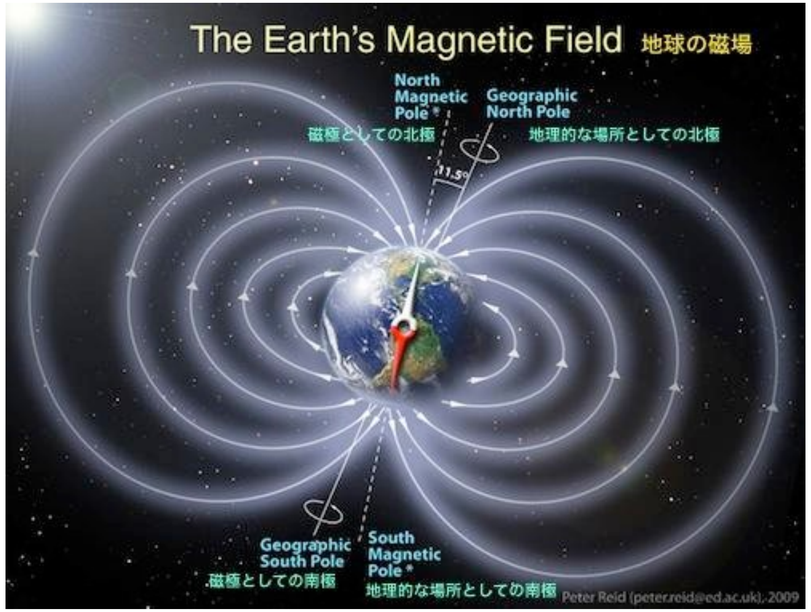
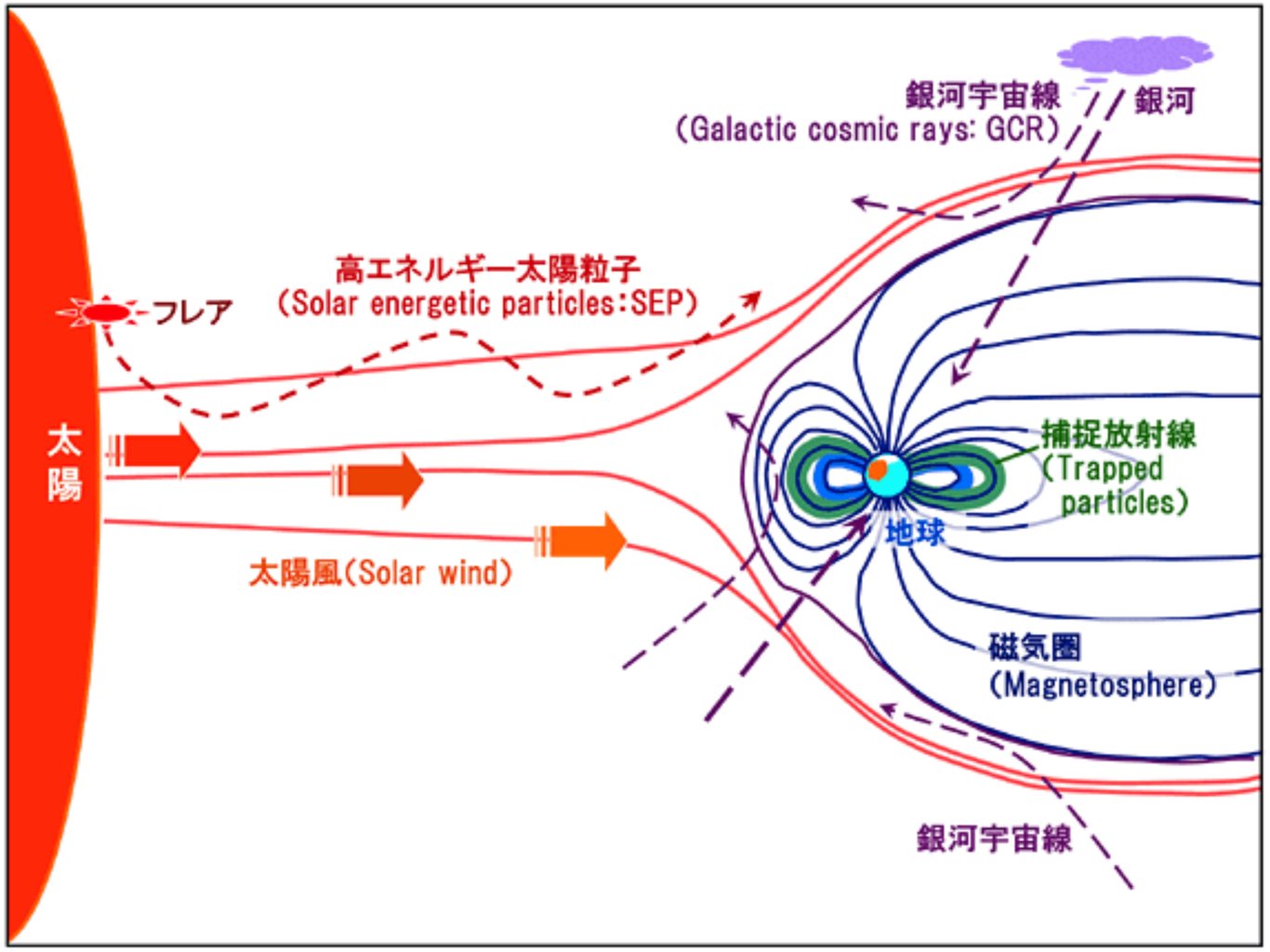


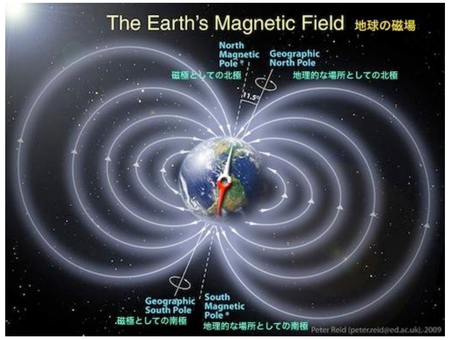
図 6.49　オーロラは太陽からの電子の風が地球の磁力線に沿って極地域に入り込むことで発生する

p211



地球磁場とオーロラ


銀河宇宙線
(Galactic cosmic rays: GCR)
銀河
高エネルギー太陽粒子
(Solar energetic particles:SEP)
フレア
太陽
捕捉放射線
(Trapped
particles)
地球
太陽風(Solar wind)
磁気圏
(Magnetosphere)
銀河宇宙線


The Earth's Magnetic Field 地球の磁場
North Magnetic Pole
Geographic North Pole
磁極としての北極
地理的な場所としての北極
11.5°
Geographic South Pole
South Magnetic Pole
磁極としての南極
地理的な場所としての南極
Peter Reid (peterreid@ed.ac.uk), 2005

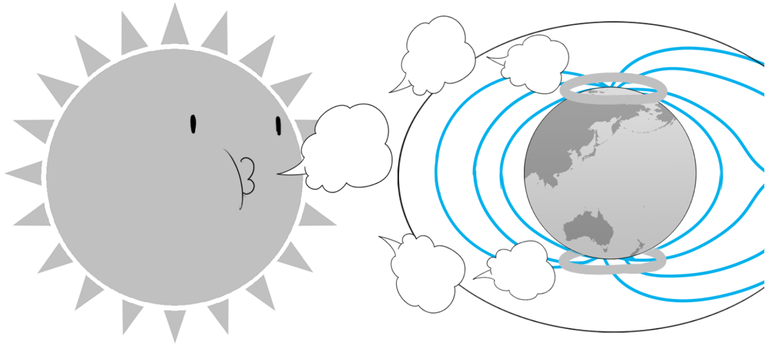
巨大な太陽フレアで各地にオーロラ発生

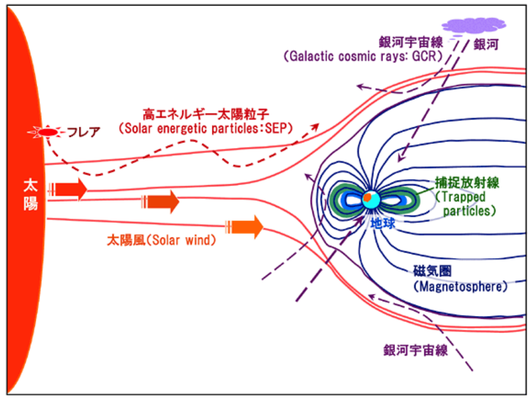
Sun Flare made Aurora

9月6日のX9.3クラスに続き，9月11日にはX8.2のフレアが発生した．巨大な太陽フレア由来と考えられるオーロラが，低緯度地帯でも観測された．

←南極　昭和基地　　↓ニュージーランド

http://swnews.jp/2017/swnews_1709081100.html



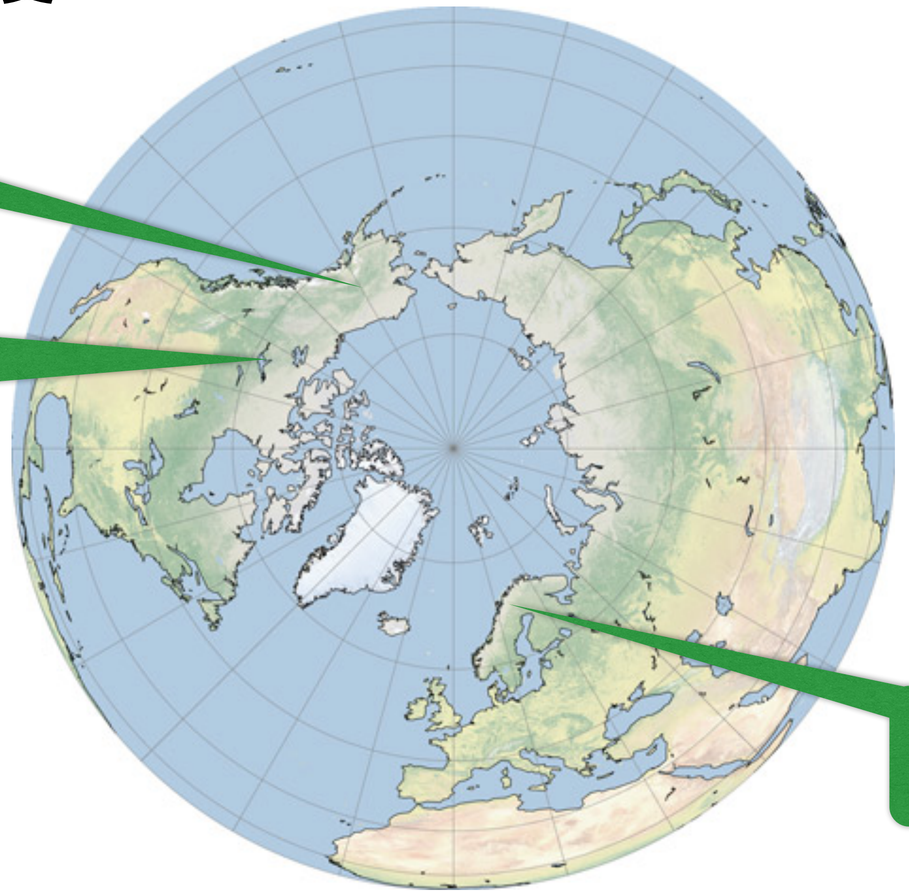


The Aurora

http://www.youtube.com/watch?v=sBWPCvdv8Bk

1:55

オーロラが見られることで有名な場所

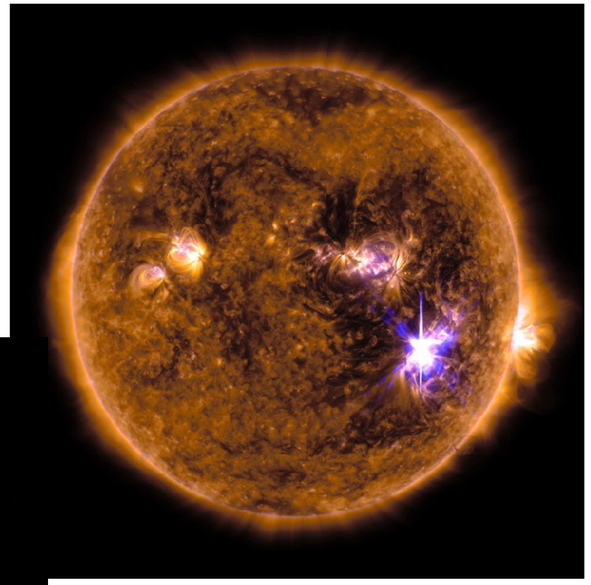


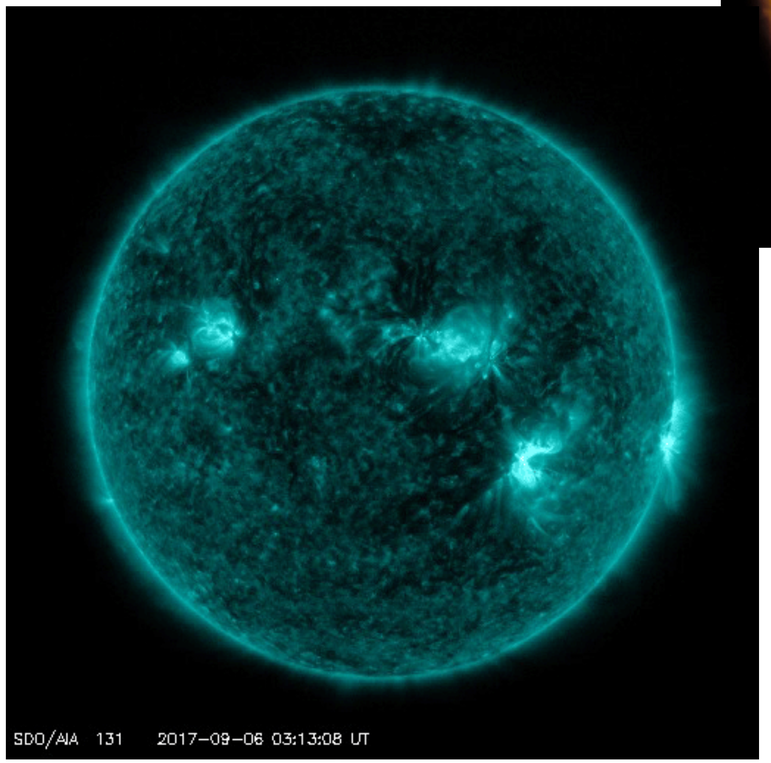
通常の1000倍の太陽フレアが発生

Sun Flare Class X9.3, the largest over 11 years

日本時間2017年9月6日に，2回の大型の太陽フレア現象の発生が確認された．最大X線強度は，通常の1000倍以上に及ぶ大型のもの．高温のコロナガスが地球方向に噴出し，高エネルギーのプロトン粒子の増加が確認された．

この影響で，地球周辺の宇宙環境や電離圏，地磁気が乱れる可能性があり，通信衛星，放送衛星などの人工衛星の障害やGPSを用いた高精度測位の誤差の増大，短波通信障害や急激な地磁気変動に伴う送電線への影響などが生じる恐れがあり，注意が必要，と報道された．



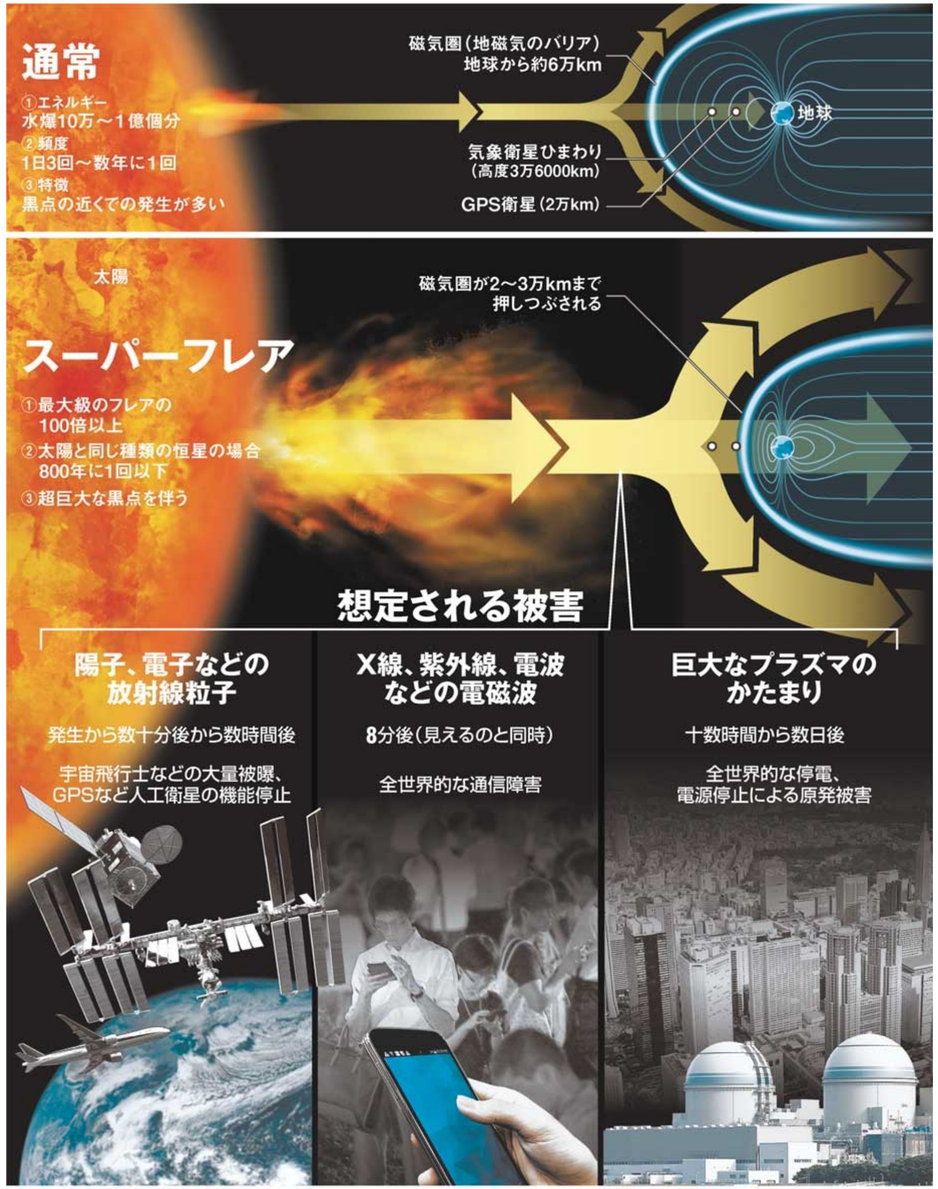


NASA SOD衛星撮影

http://swnews.jp/2017/swnews_1709071006.html

スーパーフレア，「太陽は例外」ではなかった

Sun Flare Class X9.3, the largest over 11 years



グラフィック・山本 美雪

1859年の太陽フレアでは，欧米で電信機などの火花放電による火災が多発した.
1989年には，カナダのケベック州で９時間に及ぶ大停電が起き，600万人に影響した.

電気に頼る現在だと，１兆～２兆ドルの損害が生じ，修復に4～10年かかるとの試算もあるという.

朝日新聞 2017/9/8

2012年5月に京都大学柴田一成氏のグループが発表した研究結果.

銀河系の中にある太陽と温度や大きさがほぼ同じ8万個の星について、光の強さを3か月観測した。
その結果、太陽フレアと呼ばれる太陽表面の爆発現象よりも100倍から1000倍、規模の大きな「スーパーフレア」という爆発現象が114個の星で合わせて365回観測された

【天文】

宇宙天気予報の高度化の在り方に関する検討会

総務省の表記検討会が報告書を発表　2022/6/21

宇宙天気予報の高度化の在り方に関する検討会　報告書（概要）

～「文明進化型の災害」に対応した安全・安心な社会経済の実現に向けて～

【別紙2】 1

○ 太陽フレア爆発等の極端な宇宙天気現象によって、通信・放送・測位、人工衛星、航空無線、電力等の社会インフラに異常を発生させ、社会経済活動に多大な影響を与えるおそれ。このため、我が国初となる「極端な宇宙天気現象がもたらす最悪シナリオ」を策定
○ 宇宙天気現象を現実のリスクとして捉え、国家全体としての危機管理の必要性を提言

極端な宇宙天気現象がもたらす最悪シナリオ（100年に1回またはそれ以下の頻度で発生、抜粋）

- 通信・放送が2週間断続的に途絶し、社会経済に混乱。携帯電話も一部でサービス停止
- 衛星測位の精度に最大数十メートルの誤差（ずれ）が発生。ドローン等の衝突事故が発生
- 多くの衛星に障害が発生。そのうち相当数の衛星が喪失。衛星を用いたサービスが停止
- 航空機や船舶は世界的に運航見合わせが発生。運行スケジュールや計画に大幅な乱れ
- 耐性のない電力インフラにおいて広域停電が発生

国家レベルの危機管理に向けた提言（骨子）

今後の観測・分析・予報の在り方

- 多地点の観測データの確保、宇宙空間への観測センサー設置
- 宇宙天気予報の分析の自動化・高精度化・知能化

警報に関する体制強化

- 社会インフラのリスク（被害）を考慮した新たな警報基準、NICTによる確実な警報伝達

社会インフラへの影響と効果的な対処

- 関係企業による対処（通信・放送、衛星測位、衛星運用、航空運用、電力、人体被ばく）
- 共通的対策の導入（企業向けの標準的ガイドライン　等）
- 災害対策基本法に基づく極端な宇宙天気がもたらす災害への対処

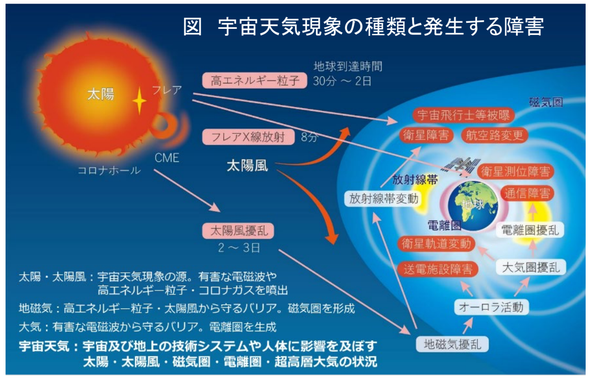
学術研究の強化、人材とコミュニティの強化、国際連携の強化

- 分野横断的・産学官連携による研究推進、予測技術の実現、高度人材等の育成・処遇
- 周知啓発を担うコミュニティ形成、宇宙天気に関するアウトリーチ活動
- 「宇宙天気予報士」制度の実現

情報通信研究機構（NICT）に期待される役割

- 世界トップレベルの研究拠点形成、企業が抱える課題の解決支援
- 国際連携強化、人材育成とコミュニティ形成、データ・プラットフォーム構築（オープンデータ）
- 宇宙天気予報オペレーションセンター（仮称）の創設

図　宇宙天気現象の種類と発生する障害



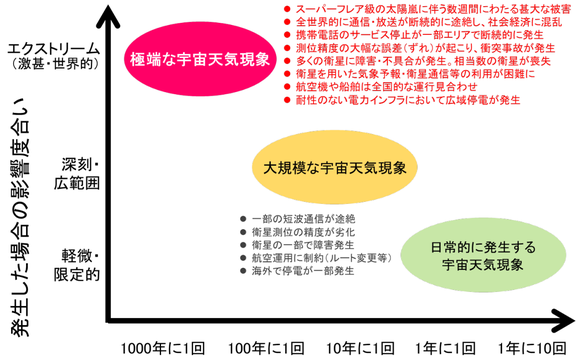


図　宇宙天気リスクのランドスケープ（俯瞰図）

https://www.soumu.go.jp/main_sosiki/kenkyu/space_weather/index.html

宇宙天気予報

https://swc.nict.go.jp

宇宙天気予報

https://www.nhk.jp/p/ohayou/ts/QLP4RZ8ZY3/blog/bl/pDodEAXj7Y/bp/pw0Abapyy7/

2025年7月8日(火)

【話題】

1770年9月，三重県松阪市でオーロラが見える

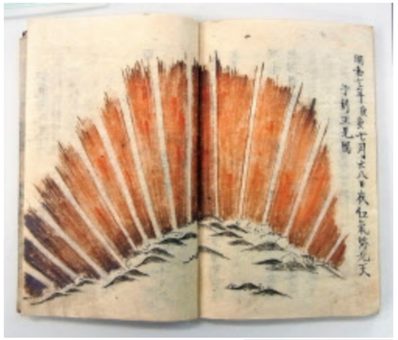
江戸時代に最大級の磁気嵐　京都でオーロラ、古文書記述と一致

2017/9/21 11:17

保存 共有 印刷 その他

江戸時代の1770年に、太陽の爆発現象によるとみられる史上最大級の磁気嵐が発生していたとする解析を、国立極地研究所などのチームが21日までにまとめた。京都市でオーロラが見えたという古文書に残る絵図が、計算で再現した見え方と一致した。

観測史上最大の磁気嵐は1859年のものとされているが、これと同程度か上回る規模という。片岡龍峰・極地研准教授は「現代に発生したら、ハワイでもオーロラが見えるだろう。停電事故も警戒する必要がある」と指摘している。



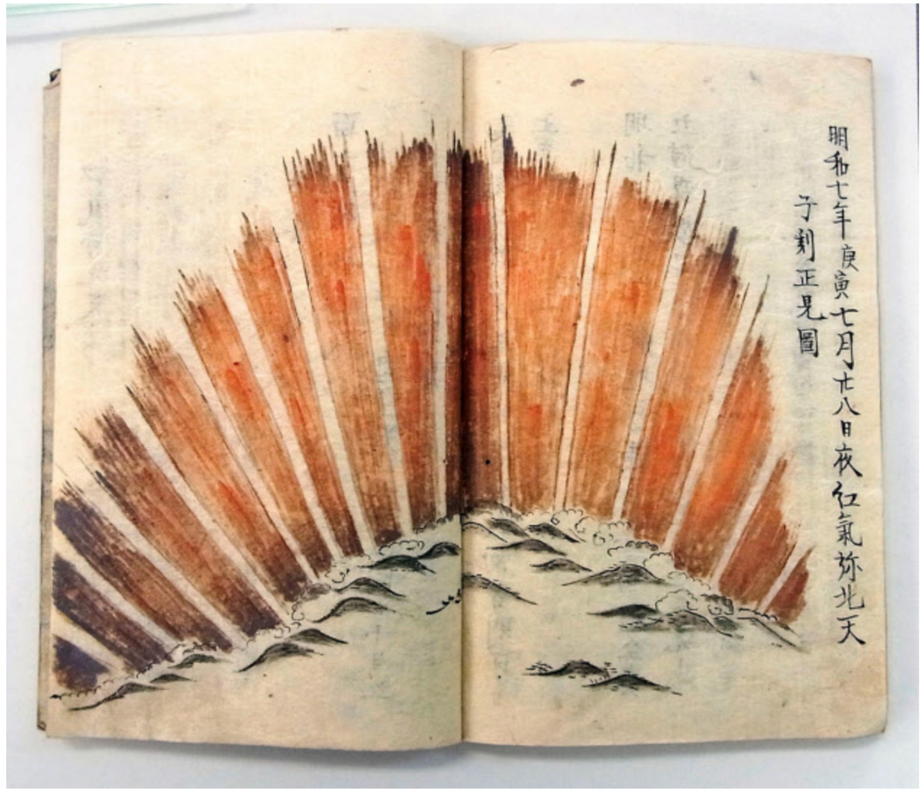
画像の拡大

江戸時代の書物「星解」に描かれたオーロラ=三重県松阪市提供・共同

太陽表面の爆発「フレア」が起き、放出された粒子が地球に届くと、磁気嵐となってオーロラが観測される。1770年9月17日には日本各地でオーロラが目撃され、三重県松阪市に保管されている書物「星解」の絵図は、京都から見たオーロラと考えられている。

チームは、京都市伏見区の東丸神社が所蔵する日記を調査。この日にオーロラが空の半分を覆い、天の川を貫いたとする詳しい記述を発見した。天の川の位置や磁場の形状などをもとに、オーロラの見え方を計算したところ、巨大な磁気嵐によってオーロラが天頂近くまで放射状に広がり、星解の絵図と同じ形になった。〔共同〕

https://www.nikkei.com/article/DGXLASDG21H2I_R20C17A9000000/

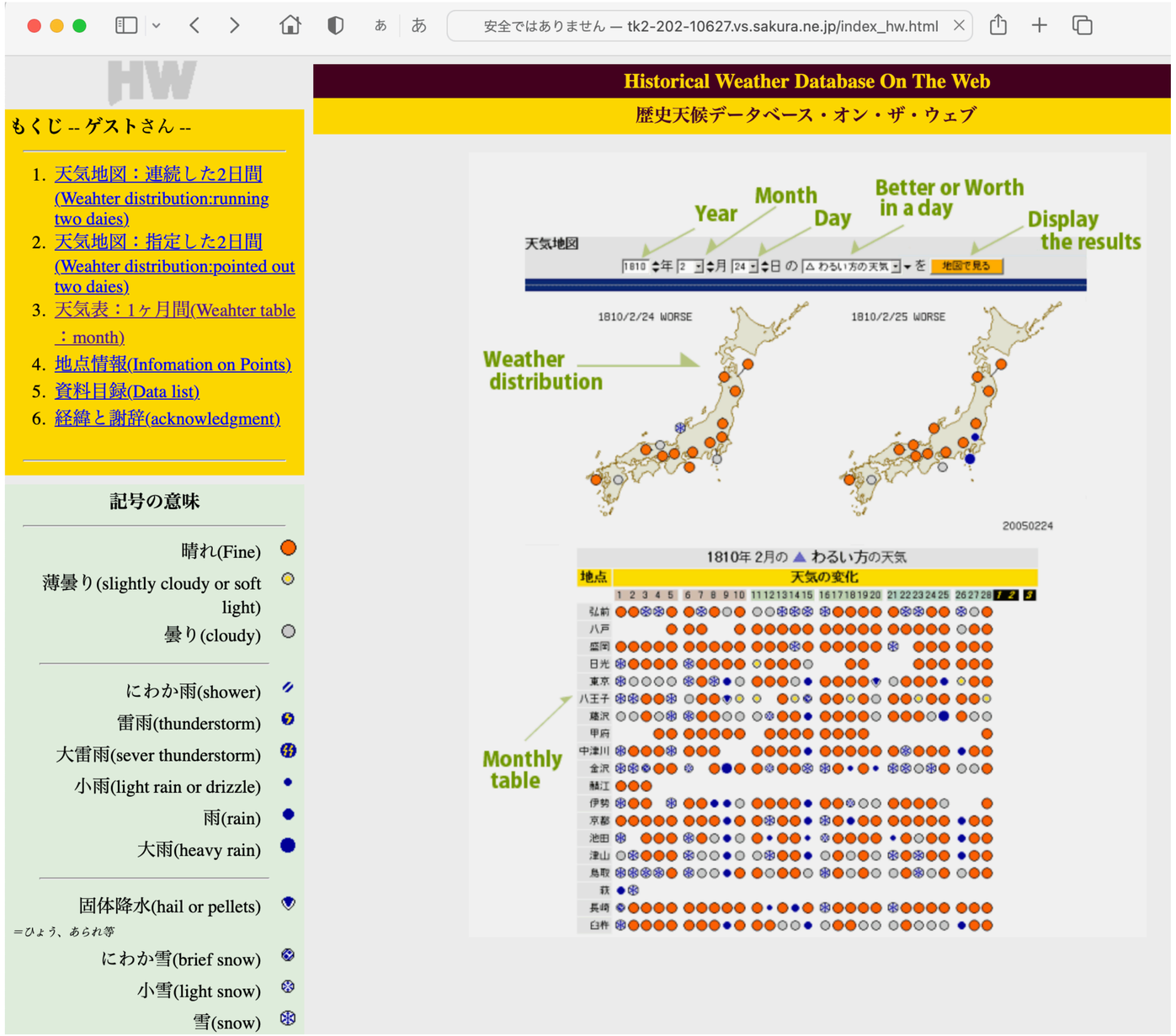


太陽活動が活発だと
低緯度地帯でもオーロラが見える

1770年9月17日　三重県松阪市

【話題】

「歴史天候データベース」Historical Weather Database on the Web

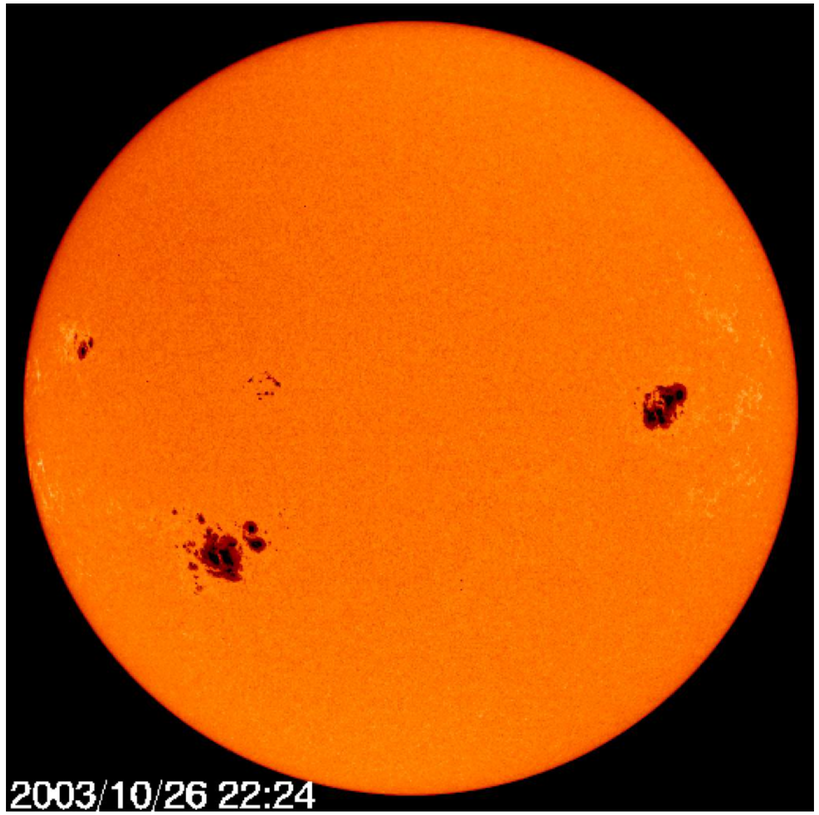


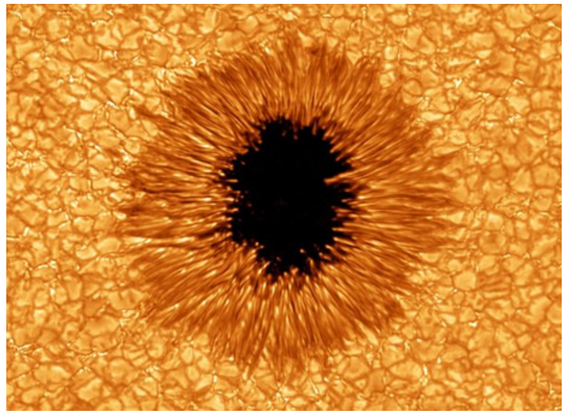
http://tk2-202-10627.vs.sakura.ne.jp/

文理融合研究
文理協働

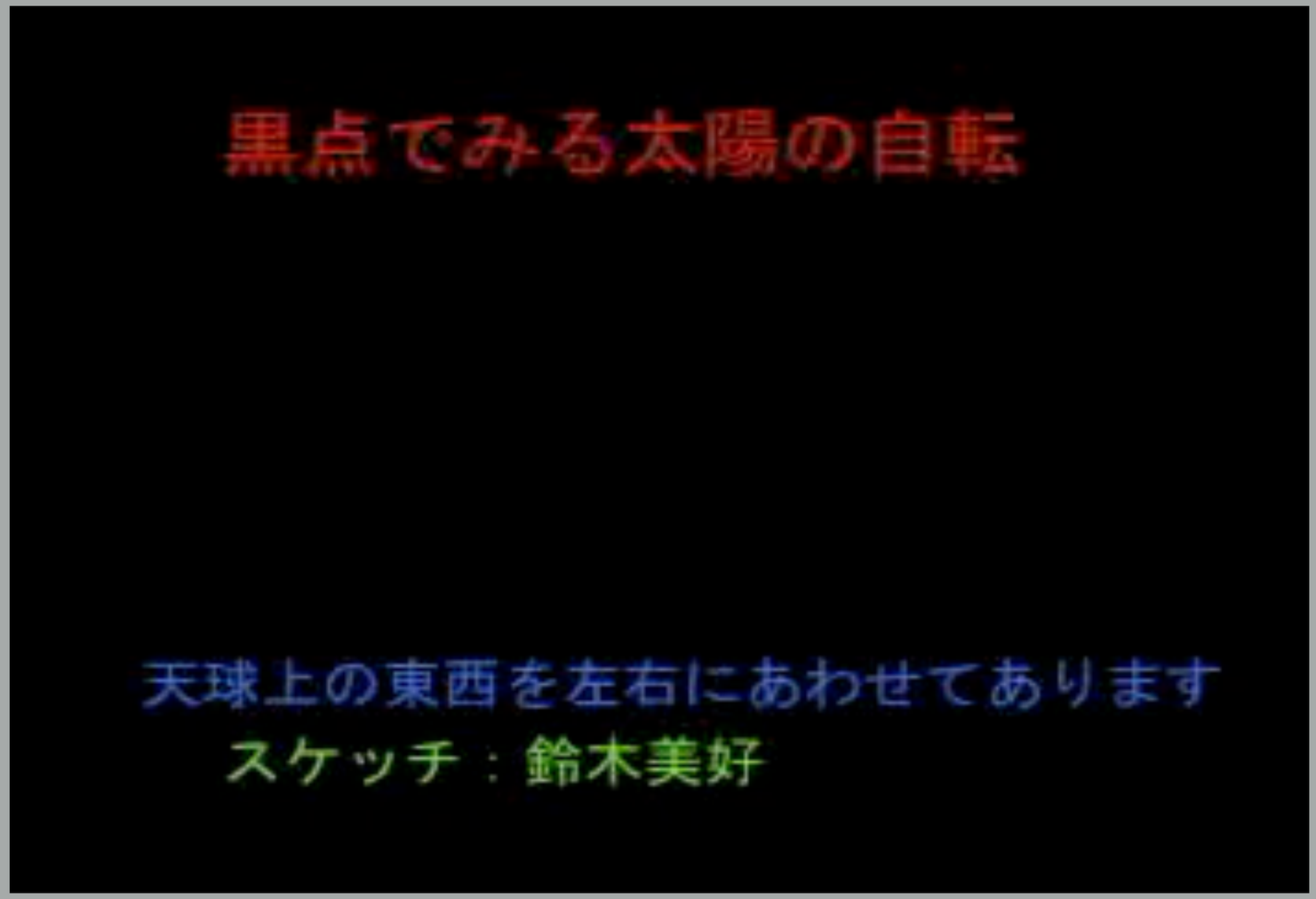
教科書 p11

太陽黒点（sunspot）





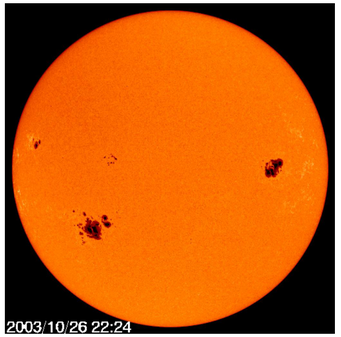
太陽黒点（sunspot）

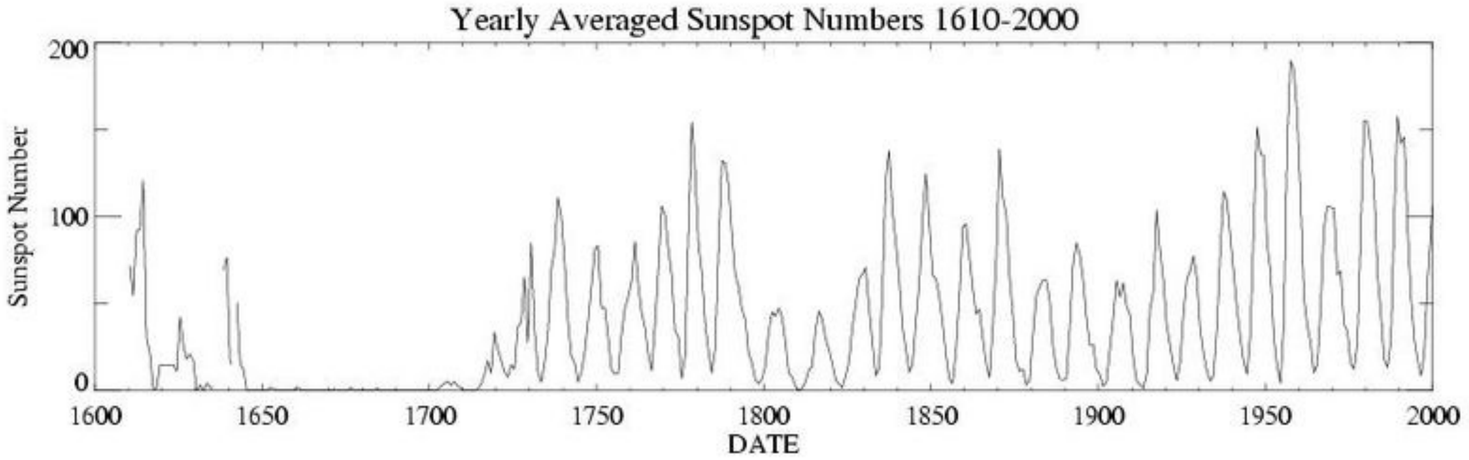


黒点でみる太陽の自転(1990)　　スケッチ　鈴木美好

50秒

太陽黒点の数は11年周期で増減





1615 ～1715　　1790 ～1820

マウンダー極小期　　ダルトン極小期

小氷河期

かつて，テムズ川はよく凍り付き，人々はスケートをして楽しんだ.

Frost Fair 1694

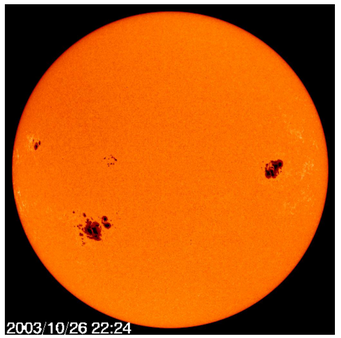
London Bridge Frost Fair 1814

http://janeaustensworld.wordpress.com/2009/01/

1615 ～1715
マウンダー極小期

1790 ～1820
ダルトン極小期

太陽黒点の数は11年周期で増減

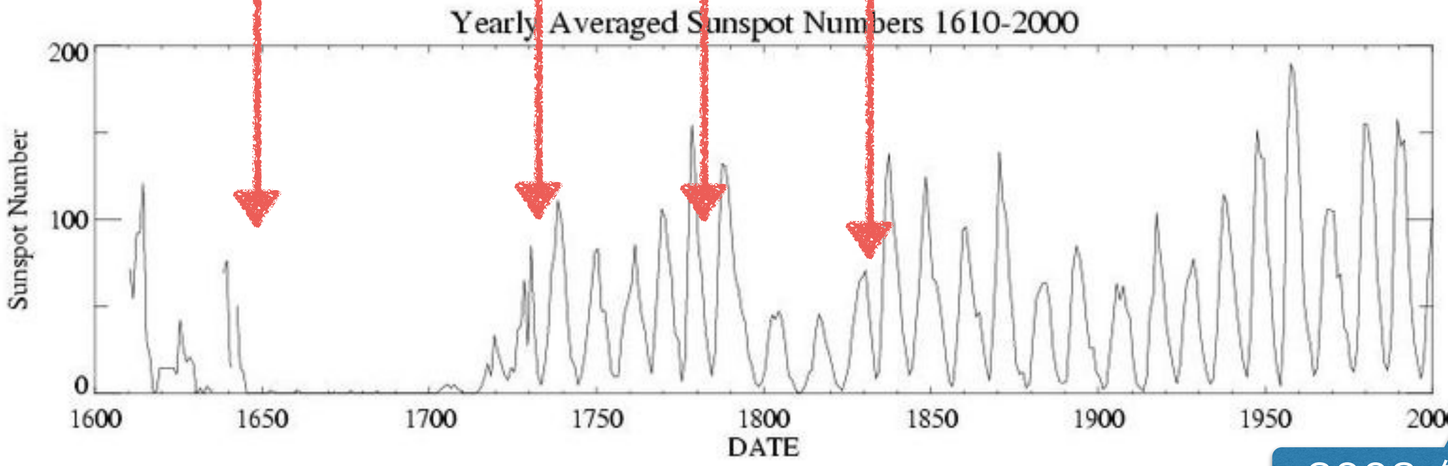


寛永の大飢饉（1642年）

享保の大飢饉（1732年）

天明の大飢饉（1782年）

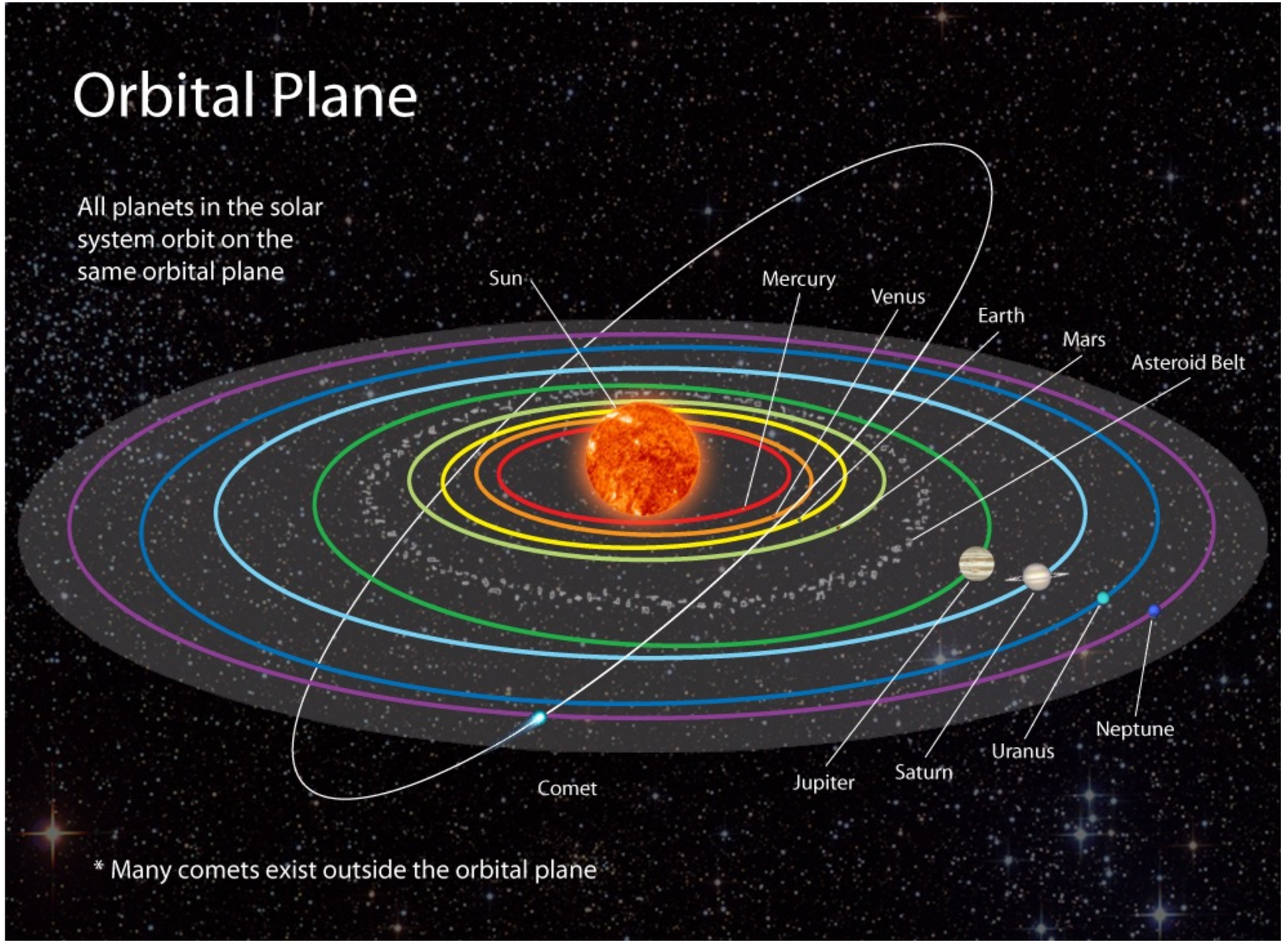
天保の大飢饉（1833年）



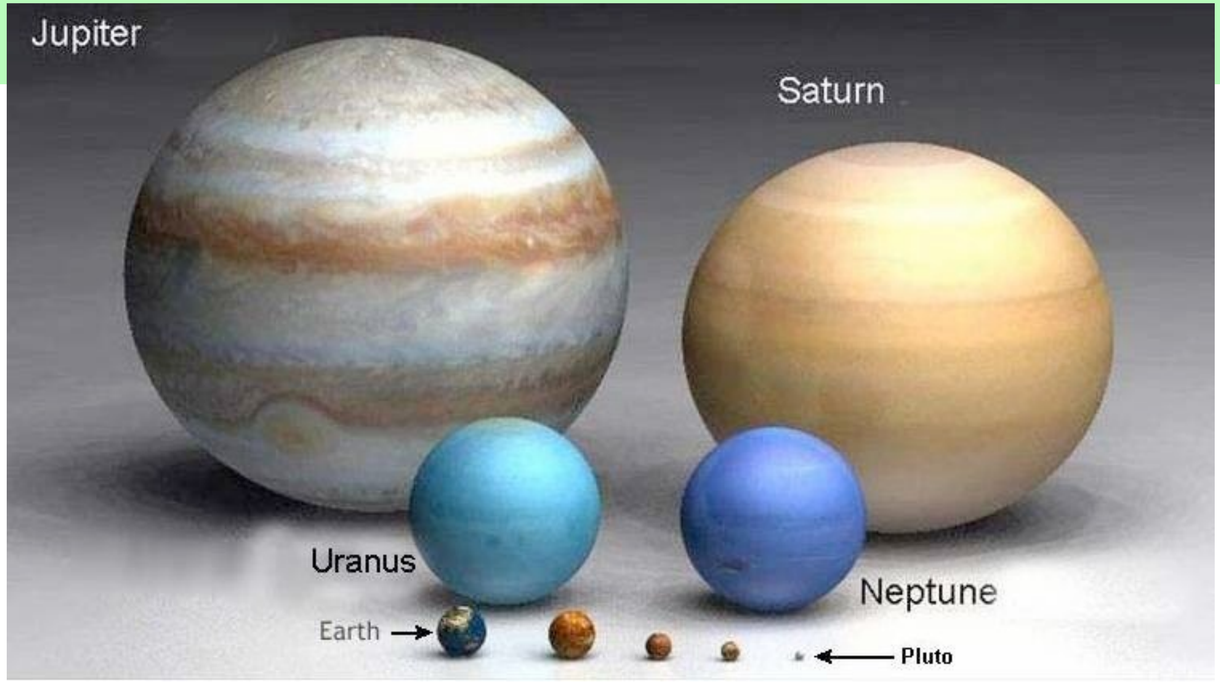
1615 ～1715
マウンダー極小期

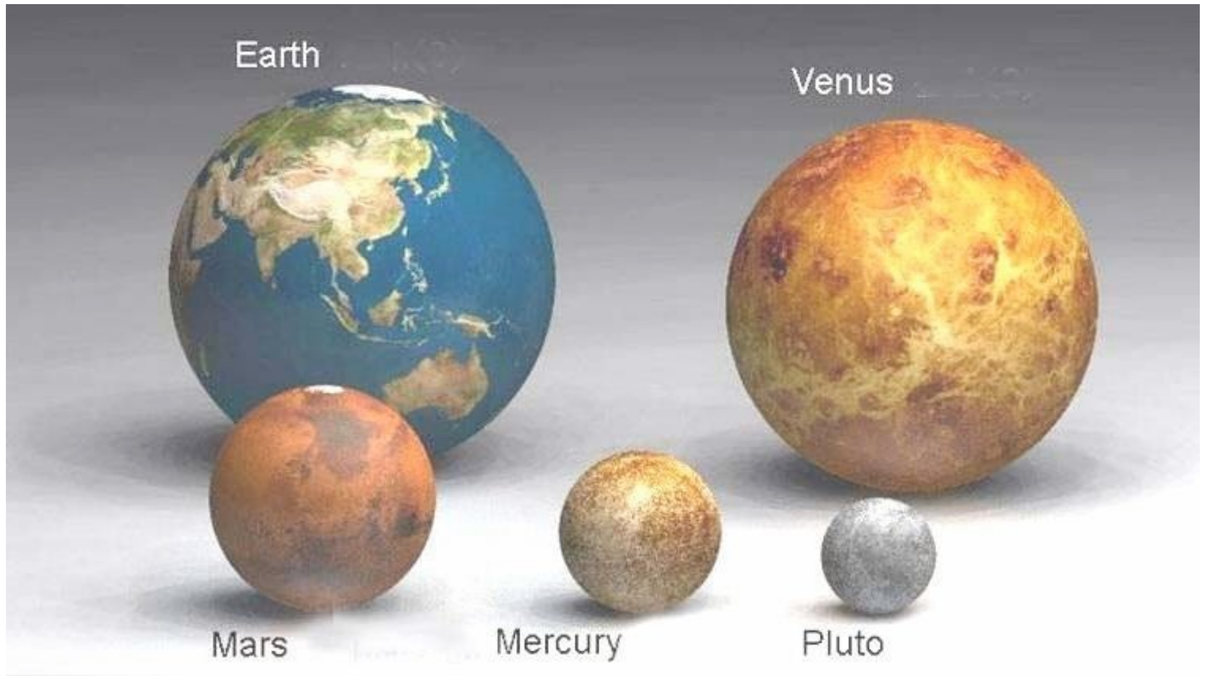
1790 ～1820
ダルトン極小期

2008 年8 月は
100 年ぶりに
「黒点ゼロ」


Orbital Plane
All planets in the solar system orbit on the same orbital plane
Sun
Mercury
Venus
Earth
Mars
Asteroid Belt
Comet
Jupiter
Saturn
Uranus
Neptune
* Many comets exist outside the orbital plane

【太陽系惑星】


Jupiter
Saturn
Uranus
Neptune
Earth
Pluto


Earth
Venus
Mars
Mercury
Pluto

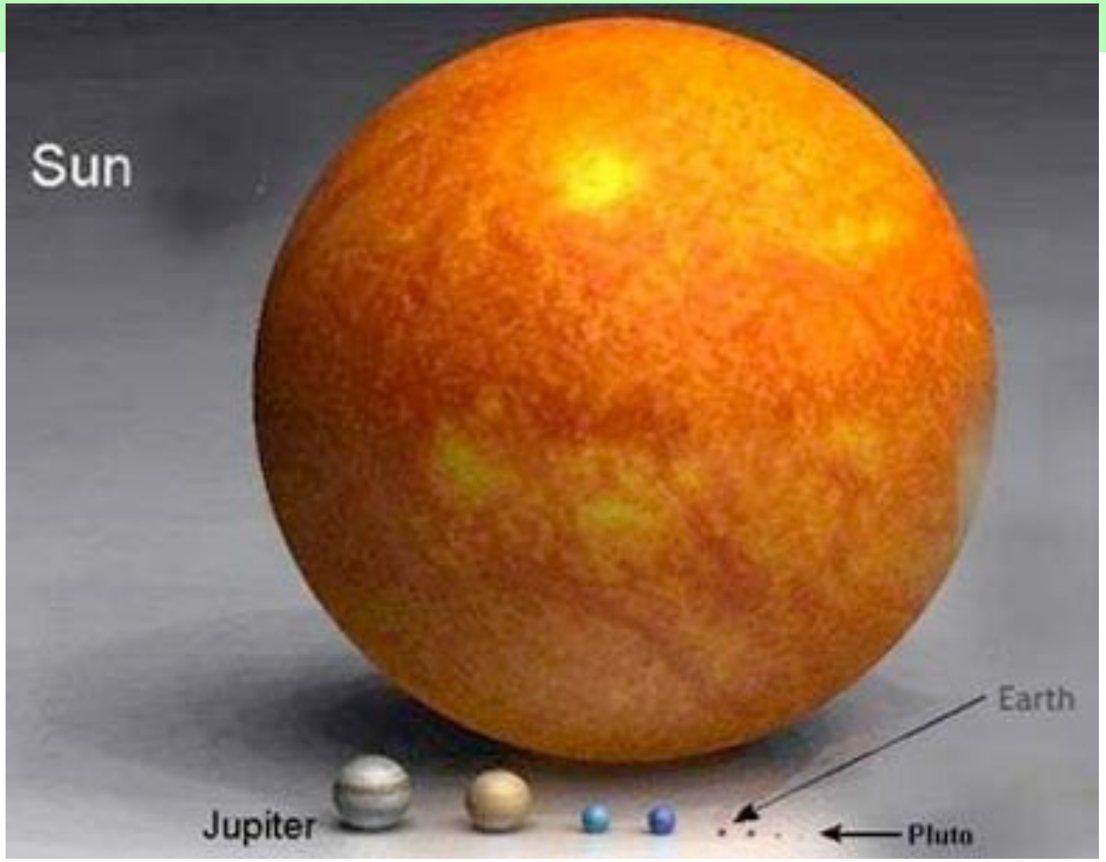
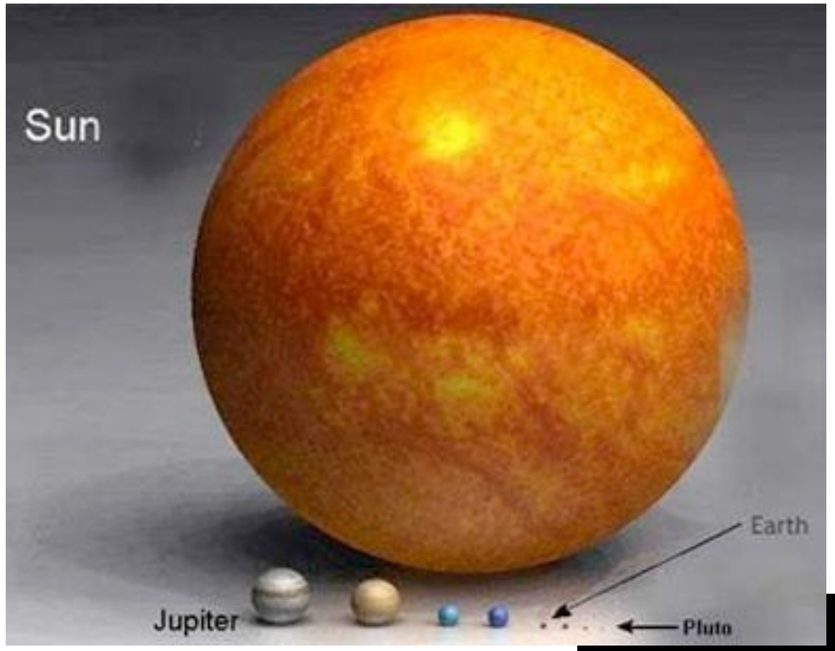
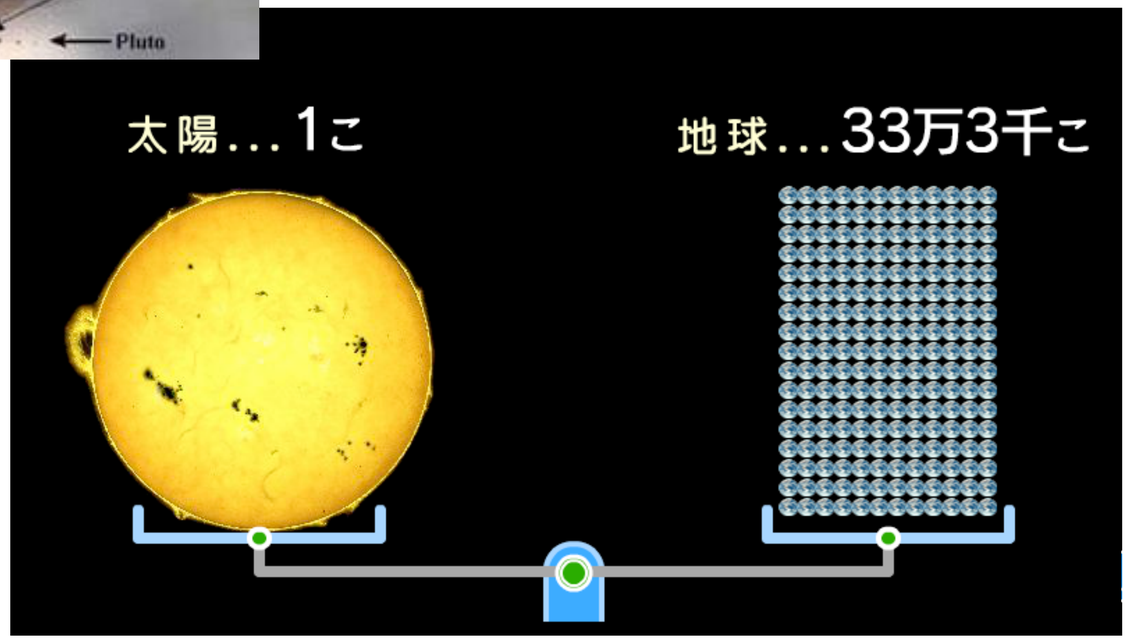


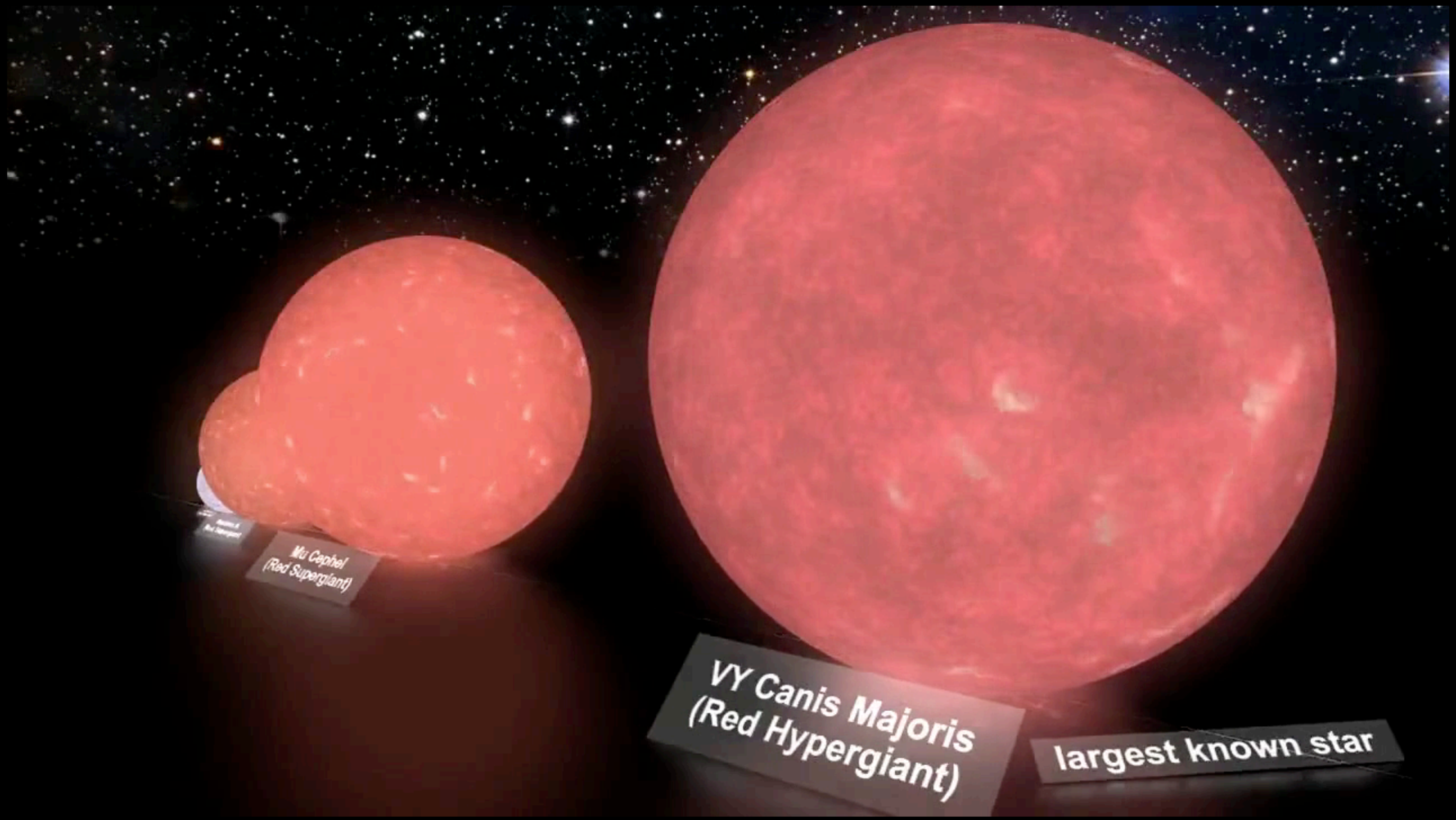
図 4: 太陽の質量は，太陽系全体の 99.85%を占めている．

いままで見つかっている星で最大のものは,
どの位の大きさ？

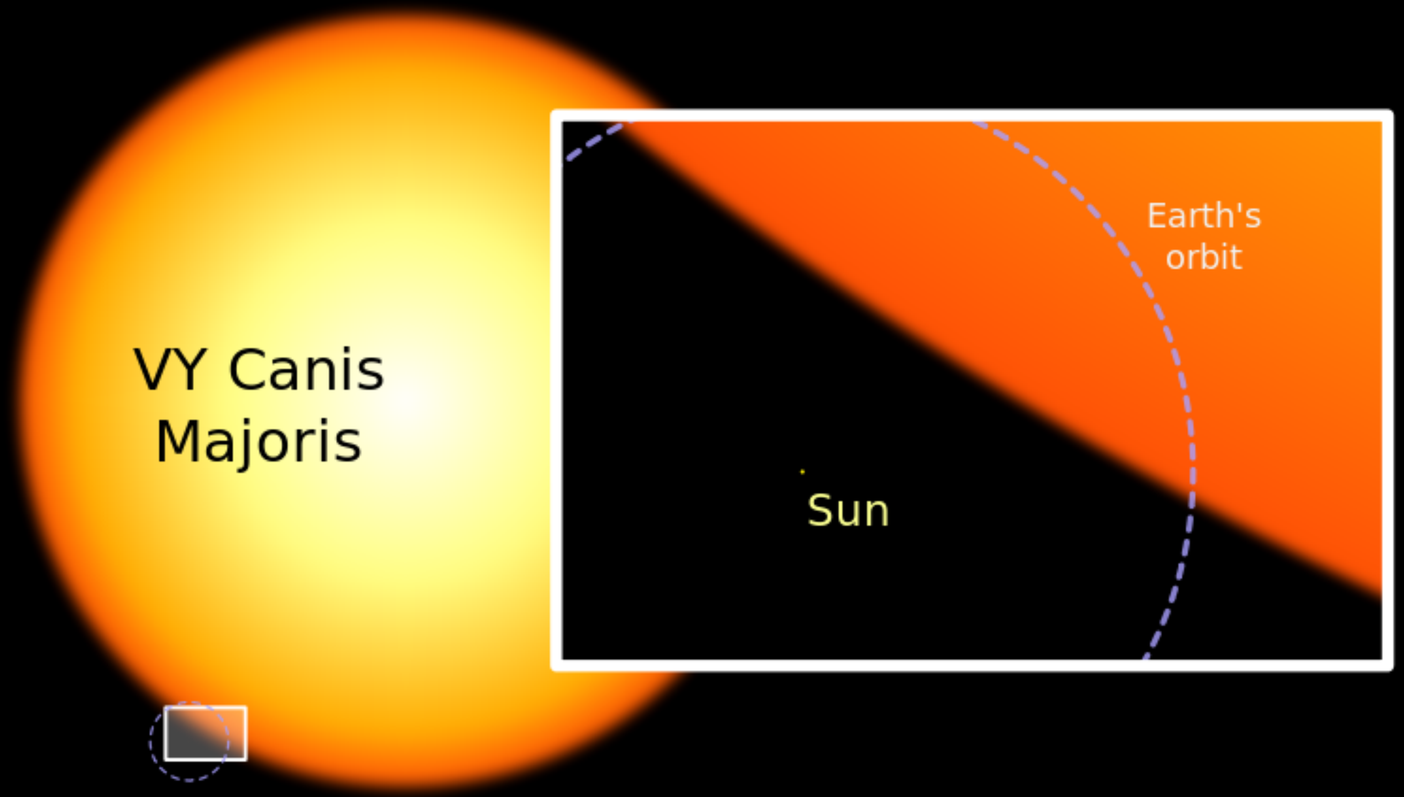
図 4: 太陽の質量は，太陽系全体の 99.85%を占めている．







Star Size Comparison 4min



VY Canis Majoris
おおいぬ座VY星

本日のミニッツペーパー記入項目

【1-1】この講義を選択した動機など, お願いします.

【1-2】最近耳にした宇宙に関するニュースで, 興味をもったものを1つ2つ.

【1-3】(宇宙や天文や自然について)いま疑問に思うこと, この講義に期待することを書いてください.

【1-4】(本日の講義から)「Powers of Ten」の映画で描かれた

一番大きなスケールと一番小さなスケールは, 結局何桁あったでしょうか.

出席票を兼ねます.

JAXA e-YAC

宇宙の広がり・距離を体感しよう！

－3D星図(さそり座・オリオン座)－

天体

本教材は宇宙とのつながりを軸として科学を身近に感じてもらうために作った科学教材です。本教材の利用による事故等については一切責任を持ちかねますので、本教材の利用は、経験のある指導者の指導の下に行って下さい。

●教材提供●
日本宇宙少年団おおいた分団
山本幸司氏　　冨成一郎氏
大分天文協会

2012年4月1日　発行

目標とねらい

平面的に見える星座ですが、それを形作る星ぼしは、それぞれが遙かかなたにある恒星であり、そこまでの距離も皆異なっていて、立体的に分布していることを理解します。

対象学年	小学校低学年以上	所要時間	1～2時間

https://edu.jaxa.jp/materialDB/contents/material/pdf/79037.pdf