

SIC 有人宇宙学研究センター

NewsLetter 2026年9月号 No.57

40 光年引越すと、オリオンは消える — 第72回研究会

報告「系外惑星から見える星座を考える（その1）」

夜空のオリオンは、5 万年前の人類も見ていたと言われる。では、5 万年後 — 人類がよその恒星系に住んでいたら？ 8 月の研究会は、この素朴な問いに実測で答えるところから始まった。

使ったのは京都大学で開発中の系外惑星プラネタリウム ExoKyoto4D。地球の 88 星座の線を一本も張り替えずに、視点だけを移住候補の惑星へ動かし、すべての辺の角距離がどれだけ歪むかを測った。結果への反響は大きかった。4.2 光年先のプロキシマ・ケンタウリ b では、崩れる星座はわずか 16。オリオンもカシオペヤも、ほぼそのままだ。ところが 11.9 光年のタウ・セチ e で半分（48 星座）が崩れ、39.5 光年の TRAPPIST-1 e では 88 のうち 79 が崩壊する。辺の長さは中央値で 90% も変わり、最も崩れた「こうま座」は 885% — もはや別の図形である。狩人オリオンが、距離とともにほどけて横倒しの線束になっていく 4 枚並びのスライド（図 2）は、この講演のハイライトであった。

ここからが本題である。星座が全滅した空は、しかし空っぽではない。同じ星々が、見たこともない配置で輝いている。ならば線を引き直せばいい — 講演後半は、TRAPPIST-1 e の空に 57 の星座を新たに定義した制作記だった。シナリオはこうだ。

「人類」が、いままでの人類史と歴史観をそのまま持ち寄って、新しい惑星で「同じ文化的背景」の懐かしい星座を定義する。ただし、結線のルールは厳格だ。すべての線は「肩」「弓」「手」と名指せる体の部位に対応しなければならない。飾りの線は許されない。オリオンの星々は「牡牛の目を掴む手」に生まれ変わり（図 3）、南十字は十字がほどけて「みなみの交差点」に。ペガサスの大四辺形は、あろうことかアンドロメダ銀河 M31 をその枠内に捕らえ、史上初の系外惑星の主星 51 Peg が肉眼で見える星に昇格する。オリオン大星雲 M42 は動かないまま、所属だけが「おうし座」に移る。星雲や銀河は動かない。動くのは、人間の引く線のほうなのだ。

「星座とは単なる星の並びではなく、同じ場所から見る者たちの合意である。」 4 光年ならその合意は持ち出せる。40 光年では、新しい合意を作るしかない。それは移住した人類が最初に行う文化の営みであり、命名権は誰にあるのか、その星座の神話は誰が書くのか — 質疑は予定を超えて続いた。答えの一部は「その 2」で語られる。TRAPPIST-1 の空に、あらたな 57 の物語を定義した — その意義は？

人類が実際に系外惑星へ移住できるかを考えると、現在の推進方式ではかなり困難である。しかし仮にそのような惑星に住めたとして、そこで生じるさまざまな人文学的・社会的な意義を考えることは重要であると考えます。（柳川孝二 記、話題提供: 山敷庸亮）

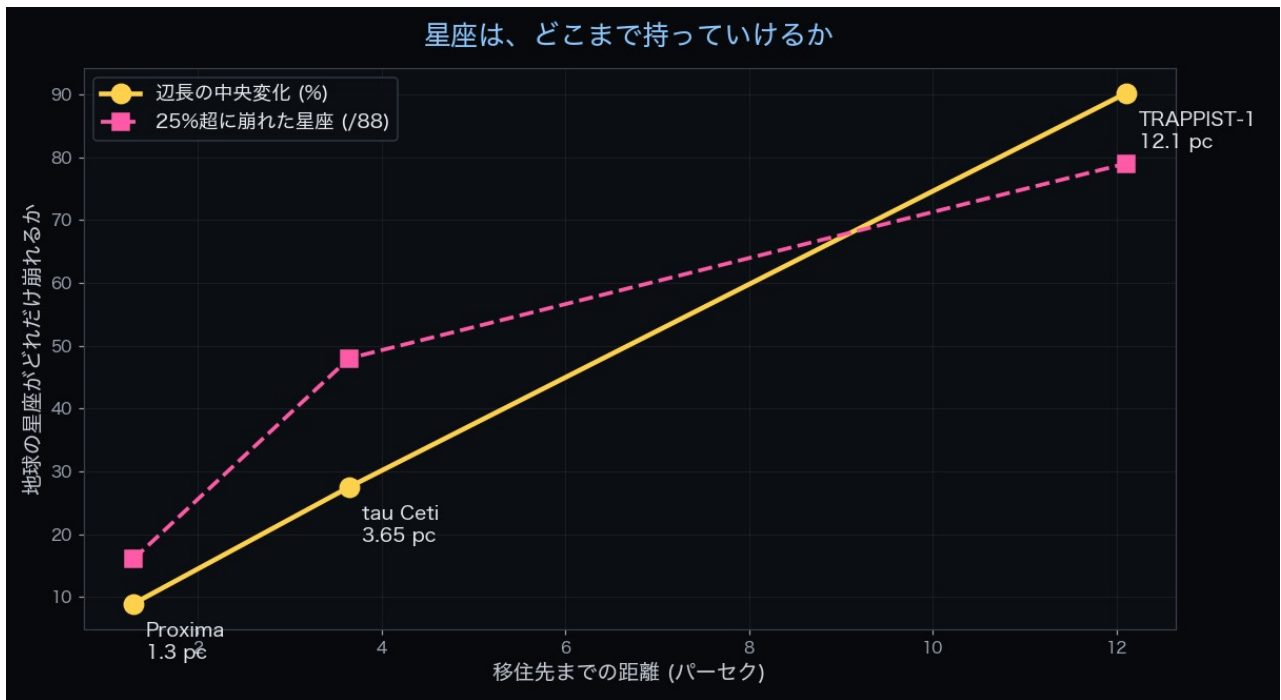


図 1: 移住距離と星座の崩壊（横軸パーセク、1 pc $\approx$ 3.26 光年）

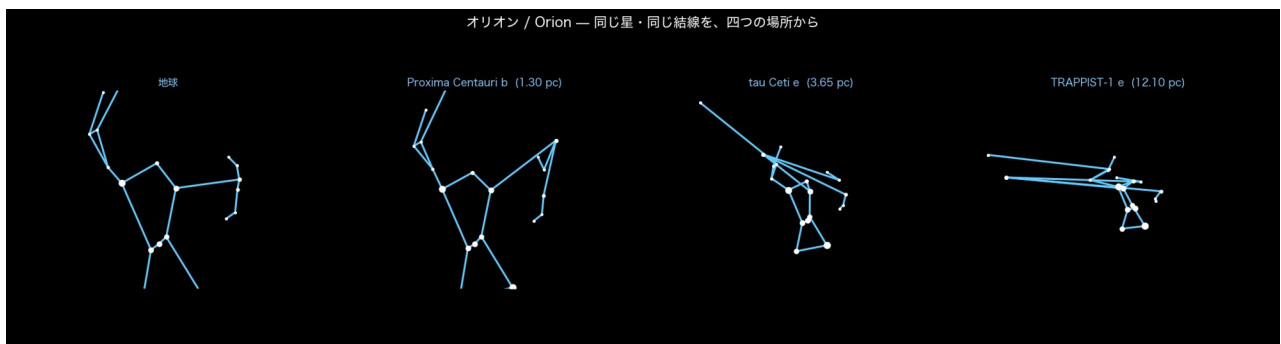


図 2: 同じ星・同じ結線のオリオンを、地球→プロキシマ→タウ・セチ→TRAPPIST-1 から

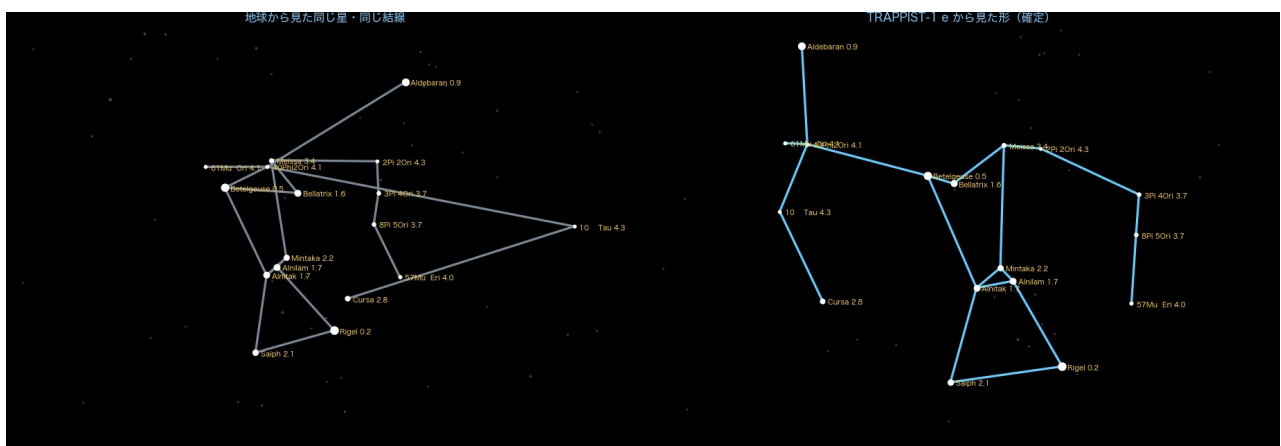


図 3: 左: 地球のオリオンの星々 / 右: TRAPPIST-1 e での確定形「牡牛の目を掴む手」

「光速で旅ができるなら、どの星を研究しに行く？」— 宇

宙大学 2026、ExoKyoto で系外惑星を巡る 90 分

宇宙大学 2026（2026 年 8 月）講義報告：山敷庸亮教授（京都大学）「系外惑星科学を可視化する — ExoKyoto 3D/4D」

講義は受講者への一つの問いかけから始まった。「相対論的な航行が可能だとします。あなたはどの天体を選び、そこで何を測りますか。」— 気軽に答えられそうで、答えられない。候補が 6,354 個（2026 年 8 月 21 日時点の確認済み系外惑星）もあるからだ。

だが、この 6,354 という数字には仕掛けがある。確認された惑星の 74% はトランジット法 — 恒星の前を惑星が横切るときのわずかな減光 — で見つかり、この方法は大きくて、主星のすぐ近くを回る惑星ほど得意だ。つまりカタログは「宇宙の縮図」ではなく、観測のクセで歪んだ鏡である。講義前半は、その歪みを踏まえた上で、生命を宿しうる軌道帯「ハビタブルゾーン」があくまで一次選抜にすぎないこと、そして JWST がいよいよ大気の中身 — WASP-39 b の二酸化炭素、K2-18 b のメタン — を測り始めたことまで、系外惑星科学の最前線を一気に案内した。

そして後半、ExoKyoto のライブ・デモだ。恒星系を選ぶと、実際の距離を保ったまま星々が流れて現地に着く「ワープ」で、前半に名前だけ登場した世界が次々と風景になる。最初の系外惑星 51 Peg b。フレアを吐く赤い矮星のそばの プロキシマ・ケンタウリ b。七つの地球型惑星がひしめく TRAPPIST-1 の 5 分間グランドツアーでは、隣の惑星が月のように大きく空にかかる。二つの太陽が沈む Kepler-16 (AB)b、そして 11.9 光年先の タウ・セチへの恒星間航行 — 映画『Project Hail Mary』の舞台でもあるこの星系では、観客を魅せた見事なオーロラが描かれていた。さらに ボイジャー 1 号・2 号ツアーでは、1977 年に始まった実在の旅を JPL の実軌道データでたどり、探査機が「いま」見ている星空 — 太陽がただの明るい星になった空 — まで行って戻ってきた。

終盤、教授は時間そのものを扱う次世代版 ExoKyoto4D の構想に触れ、冒頭の問いを受講者に返した。今度は、誰も黙らなかった。カタログの数字が風景に変わった後では、「どの星に行きたいか」は答えたくてたまらない問いになっている — それがこの 90 分の設計だった。（記事：宇佐なつみ）

【宇宙大学参考ページ】 <https://spaceuniversity.jp/post-20260821/>

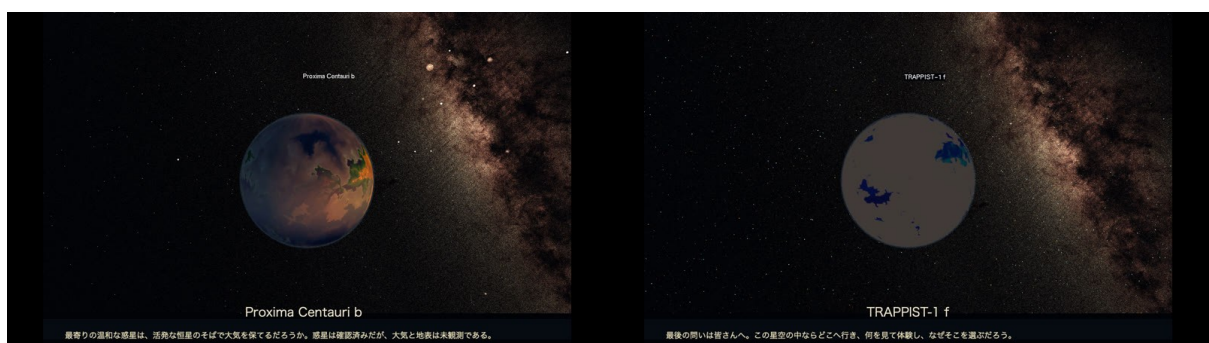


図 1: 左：プロキシマ・ケンタウリ b / 右：TRAPPIST-1 f（いずれも ExoKyoto による可視化・想像図）



図 2: 左：タウ・セチ f の全景 / 右：地表近くから見たモデル・オーロラ（地球型の大気と磁場を仮定した ExoKyoto による可視化）



図 3: 相対論的航行中の HEXATRACK（中央）。星の色のドップラーシフトを含む ExoKyoto の可視化

宇宙森林実習の実施

2026/08/19-20 の2日間、京都大学フィールド科学教育研究センター芦生研究林にて宇宙森林実習を実施しました。地球の森林について学び、宇宙で森林を作るために何が必要なのかを考える実習で、京都大学・龍谷大学の1・2年生から6名が参加しました。今年度の実習スケジュールを図1に示します。以降は、実習参加者からの報告を紹介します。

【1日目 長治谷での実習】

1日目には長治谷で現地調査を行い、自然環境の中で実際に森林の構造や生態系について学びました。現地ではまずシカによる食害を防ぐために設置されたシカ柵について、技術職員の方から詳しい説明を受けました。シカ柵は下層植生を守り、森林の多様性維持に重要な役割を果たしていることが分かりました。さらに、柵の内外で植生の様子を比較することで、シカの採食により、植物の成長や種構成に大きな影響を与えていることを視覚的に確認できました。これらの観察を通して、野生動物と森林環境の相互作用の大きさを実感するとともに、人の手による適切な管理が持続可能な森林を維持する上で不可欠であると感じました。

また、長治谷からの帰路で、芦生研究林のシンボルツリーである大カツラを観察し、その巨大な幹や独特の樹形から長い年月をかけて形成されてきた森林の歴史や、周囲の地形・水環境との関係について理解を深めることができました。

	8/19 (水)	8/20 (木)
8:00	8:30 集合@京都駅	起床・朝食・心理検査
9:00	園部駅へ移動 (JR・バス) 8:53-9:38 京都-園部 (JR嵯峨野線)	9:00 柵上谷登り口へ (バス) 徒歩で移動
10:00	10:00-11:15 園部-芦生 (バス)	柵上生態系プロ調査体験 柵上から登り口戻る (徒歩)
11:00	昼食	
12:00	12:15-13:00 長治谷へ移動 (バス)	下山・事務所着 (バス)
13:00	長治谷での実習 集水域全体の植生保護柵へ 長治谷へ (徒歩)	昼食
14:00	バスで移動 大カツラの本見学・下山	京都駅へ移動 (バス・JR) 14:00-15:45 芦生-園部 (バス) 16:17-16:53 園部-京都 (JR)
16:30	講義・解析方法 (石原先生)	17:00 解散@京都駅
17:00		
18:00	夕食	
19:00		
20:00	データ解析	
21:00	心理検査	
21:30	解散	

図1. 2026年度の実習スケジュール

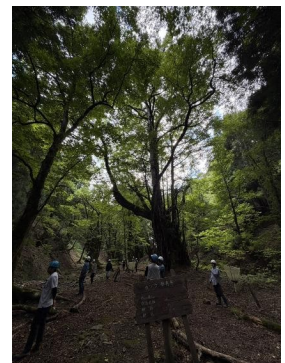


図2. 長治谷での実習の様子

【1日目 石原先生の講義】

宿舎に戻り、夕方は芦生研究林長の石原正恵先生より講義をしていただきました。

最初に芦生研究林の概要について、人の手の入らない広大な原生林が広がり、護岸工事もない自然な川であること、その位置と内部の山の標高差により冷温帯と暖温帯の両方の気候を有し、生物多様性が非常に高いことといった、芦生研究林ならではの特徴について教えていただきました。

また、冷温帯の下限である芦生研究林も数十年をかけて温暖化が着実に起こっているこ

と、シカの食害により林床の草本の多様性が低下したり次世代の樹木が育たなくなってしまうなど、近年の生態系の劣化についても教えていただきました。生態系の自己回復を促すためにシカ柵の設置といった取り組みが行われていますが、劣化した状態が継続することで、もとの生態系にはなかなか回復しない代替安定状態（レジームシフト）に達してしまうこともあるということも教えていただきました。

さらに、夜間のデータ解析実習の準備に向けて、森林の炭素循環の基礎知識に加えて樹木の直径から乾燥重量を求める相対成長式について教えていただきました。樹木の直径と乾燥重量は落葉広葉樹、常緑広葉樹、常緑針葉樹といった大きなグループの中で共通の式が成り立ちます。

夜間は「芦生研究林・枡上生態系プロジェクト・環境省モニタリングサイト 1000 プロジェクト」により 1 ha の区画内で毎木調査を行って得られたデータを与えられ、これを用いて区画内の総炭素蓄積量を計算しました。PC や Excel の操作に慣れないメンバーもいましたが、作業を手分けし互いに教え合いながら総炭素蓄積量の結論を出すことができました。

【2日目 枡上谷での実習】



図3. 枡上谷での実習の様子

森林の炭素貯蔵量を算出するデータを得るため、木の幹の太さ（胸高直径）を測定する体験をしました。参加者が最初に測定した際には数値にズレがありましたが、熟練者の方に教えていただき、精度の高い測定方法を学びました。この体験を通して、小さな誤差が結果に大きく影響することを知り、正確なデータを取ることの重要性に気付かされました。

その他、1日目の夕食と2日目の昼食は皆で手分けして自炊をしました。また1日目の夜には芦生研究林の資料館を見学しました。実習を通じて、参加者との親睦を深めるとともに、宇宙での森林形成に向けた地球上の森林の価値を感じることができました。

（大澤菜々心、江本祐大、中島愛実、三本勇貴 記）

LignoSat 学生チーム活動紹介 COMM 班

LignoSat—EM アンテナ基板の組み立てと展開試験準備

概要・目的： 今月 COMM 班では、新メンバーとともに「LignoSat—EM（エンジニアリングモデル）」のアンテナ基板の組み立てを行いました。本作業は、今後予定されている CDH 班によるアンテナ展開試験をはじめ、今後の衛星開発プロジェクトにおける重要試験に直結する重要なプロセスです。

具体的な作業内容：

1. アンテナ基板およびパーツの取り付け 新しい「-X 面」の木製パネルに、アンテナ基板および通称「きのこ」と呼ばれるアンテナホルダー、アンテナ固定具（白色部品）を取り付けました。
2. ダイポールアンテナの固定 ホルダー上にダイポールアンテナを設置し、テグスと呼ばれる専用の紐を用いて結び固定しました。

プラスアルファ（1R 改修用パネルの仮止め）：

また、1R 用に改修された新しいアンテナ面の木板が届いたため、その木板とアンテナ基板の仮止め作業も併せて実施しました。この 1R 用アンテナ基板は、EM（評価モデル）のみならず将来の FM（フライトモデル：実機）にもつながり得る重要な構造体であるため、より緊張感をもって臨みました。今回の LignoSat-EM での組み立て作業を直後に復習・応用する形となり、非常に実践的で質の高い学習機会となりました。

担当者コメント（活動の振り返り）： 新メンバーを迎えて行う初めての共同作業となりました。新メンバーの自発的で積極的な行動に支えられ、私自身にとっても初めての作業工程を含みながら、非常にスムーズに進めることができました。今後の CDH 班との展開試験に向け、しっかりと準備を整えてまいります！（細川了 記）

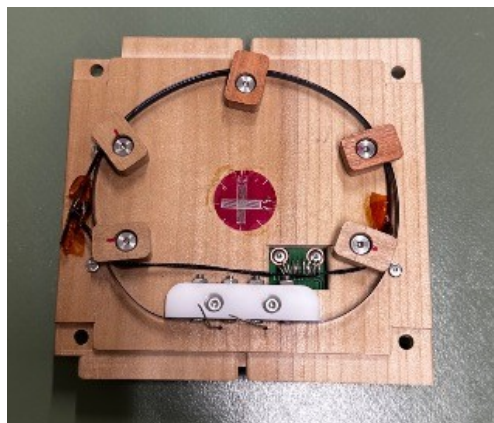


図.LignoSat-X 面組み立て後の様子

ボイジャー 1 号・2 号—異なる軌道をたどる ExoKyoto4D ツアー

京都大学大学院総合生存学館 山敷庸亮

ExoKyoto4D のボイジャー 1 号・2 号ツアーは、1977 年の打ち上げから現在の恒星間空間、さらに数十万年後の恒星接近までを一続きに見せる可視化の試みである。単に Voyager がたどった惑星を順番に並べた映像ではない。探査機の軌道には JPL Horizons と DE440 天体暦、小惑星群には Minor Planet Center (MPC) の実軌道要素、現在と将来の星空には恒星カタログと将来接近計算を用いている。読者は、2 機が「どこを通ったか」だけでなく、なぜ軌道が分かれ、どの観測を選び、その結果どの方向へ出ていったかを比較できる。NASA/JPL の実画像を引用する場合を除き、軌道と天体配置は ExoKyoto4D 内部のオブジェクトとして構成し、同じモデル上でレンダリングしている。

地球から持ち出した情報—ゴールデンレコード〈ファーストコンタクトのために〉

2 機は同じ 12 インチ（約 30cm）の金メッキ銅製レコードを搭載している。これは約 50 年前、いつか宇宙を航行できる地球外文明に回収される可能性を想定した〈ファーストコンタクト〉のメッセージである。地球人だけでなく地球そのものを示すため、115 枚の画像、波・風・雷・鳥・鯨など地球の音、55 言語の挨拶、東西の古典や民族音楽を含む約 90 分の音楽が収録された。表紙には再生方法と太陽系の位置を示すパルサー地図が刻まれ、ウラン 238 の崩壊を利用して搭載後の経過時間を推定する「放射性時計」まで備える。ツアーがここから始まるのは、ボイジャーが観測機器であると同時に、受け取り手の決まっていない「地球の記録媒体」でもあるためである。

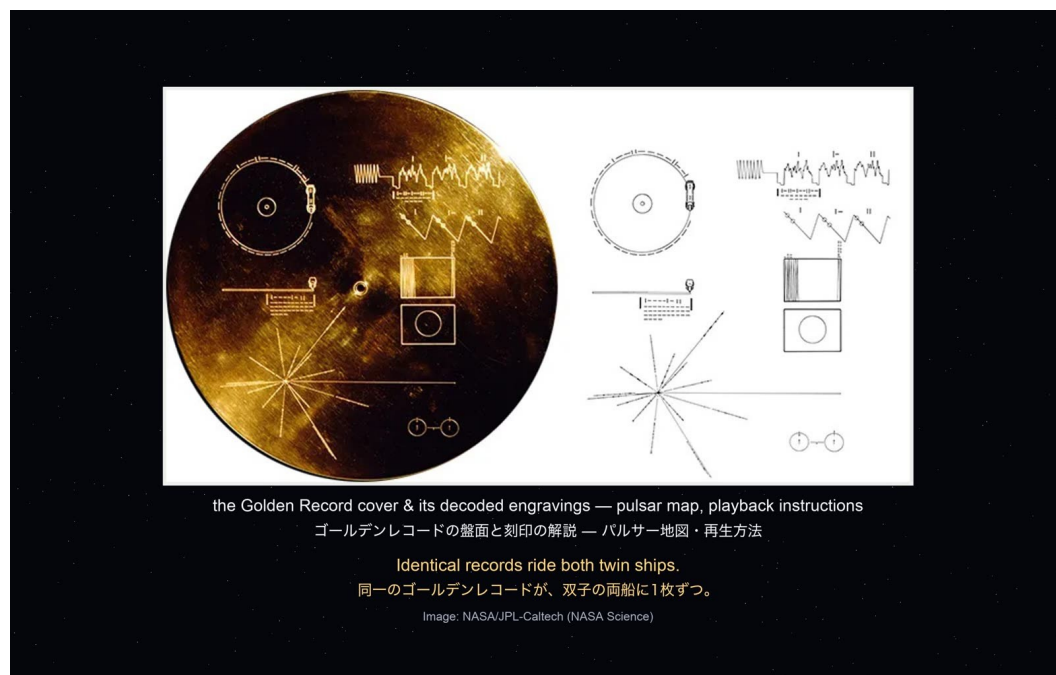


図 1: ゴールデンレコードと表紙の解説図。ExoKyoto4D「ボイジャー 2 号グランドツアー 完全版」より。

小惑星帯は「岩の壁」ではない

ツアーの小惑星帯では、MPC の MPCORB 軌道要素から、地球近傍小惑星 41,565 個と主帯小惑星 100,000 個、合計 141,565 個を読み込み、1977~1979 年の位置へ伝播させている。画面上の点は位置を読めるよう拡大した記号であり、天体の実寸ではない。NASA の Dawn 計画による一つの概算では、直径約 1.6km 以上の小惑星どうしの平均間隔は約 310 万 km であり、小惑星帯の大部分は空間である。1号・2号とも、密集した岩を避けて蛇行したのではなく、実軌道のまま広大で希薄な帯を通過した。「14 万個もの小惑星の中を無事に通過した」という事実は重要だが、それは偶然の奇跡ではなく、天体数が多いことと空間が混み合っていることが同じではないと示す事実でもある。

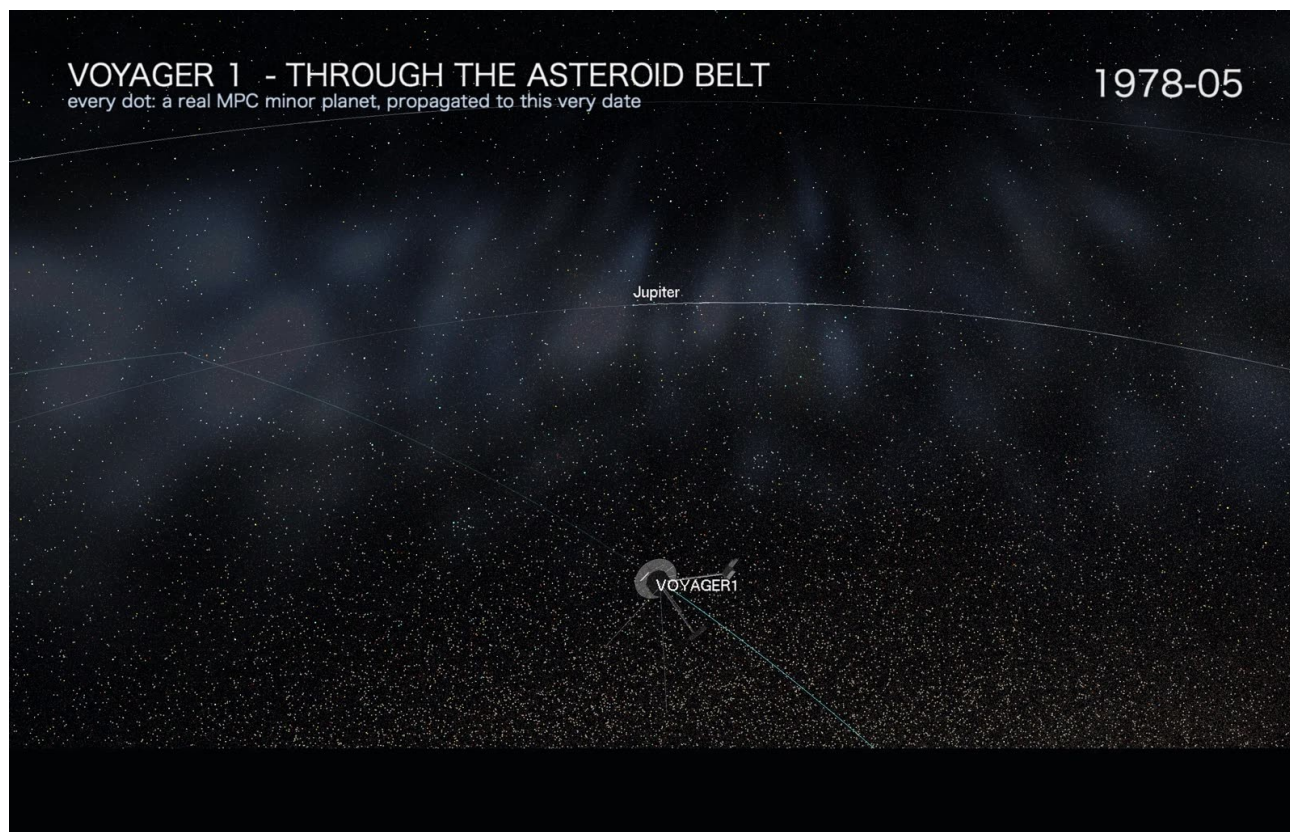


図2: 約 14 万個の MPC 小惑星を当時の位置へ伝播した小惑星帯。点は位置を読むための表示で、天体の実寸ではない。V1 完全版より。

1号は2号よりあとに出発し、先に木星に着いた

ボイジャー 1 号は 1977 年 9 月 5 日に打ち上げられた。2 号より 16 日遅いが、より短く速い軌道を選んだため、1979 年 3 月 5 日に木星へ、1980 年 11 月 12 日に土星へ先着した。名称の「1」は打ち上げ順ではなく、木星・土星へ先に到達する機体であることに対応する。

土星接近日の 05 時 41 分 (UTC)、1 号はまずタイタンへ最接近し、その 18 時間後の 23 時 46 分ごろに土星へ最接近した。タイタンの濃い大気を近くから観測する軌道が最優先だったため、土星通過後の進路は黄道面から約 35 度北側へ折れた。これにより天王星・海王星、さらに冥王星へ向かう選択肢は閉じた。ツアーは冥王星を「選ばれなかった道」として示し、実際の近接観測が New Horizons の 2015 年通過まで待つことになった経緯につなげている。

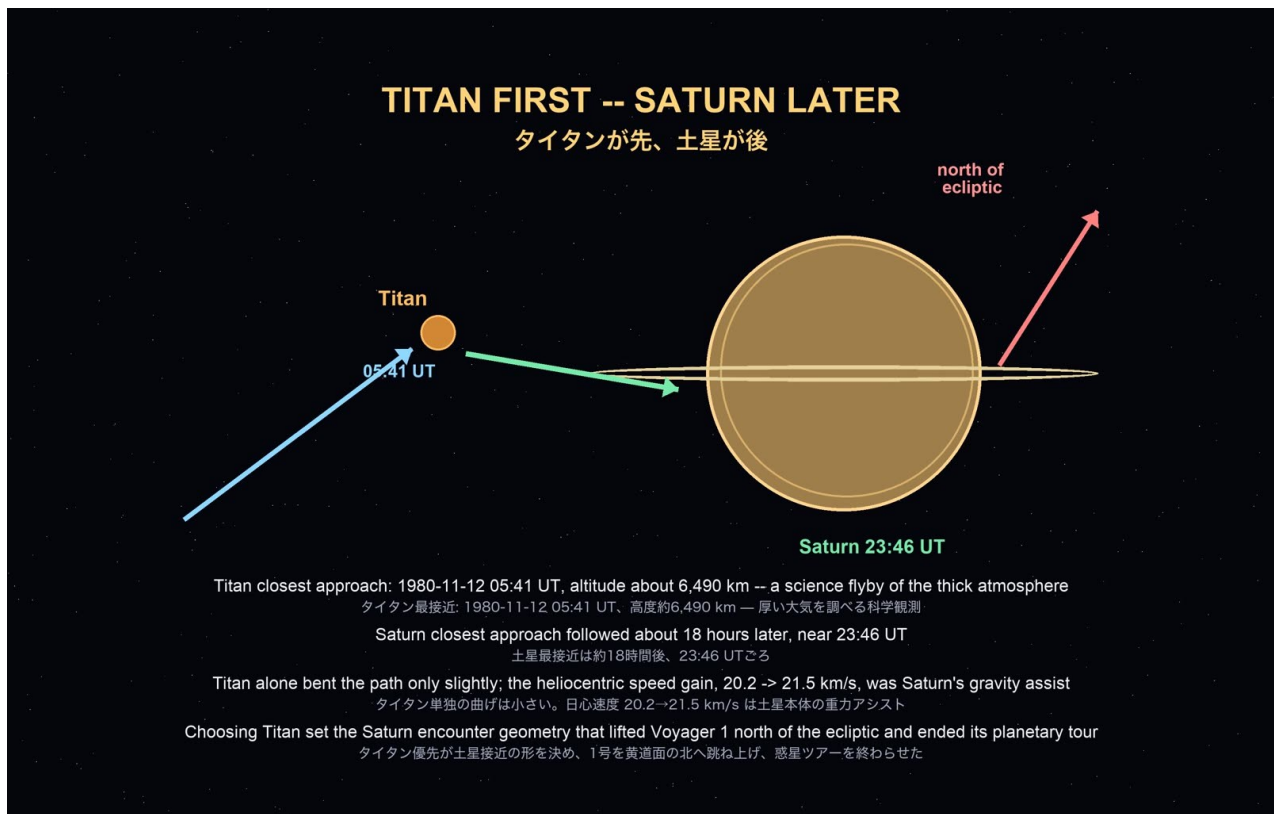


図3: 「TITAN FIRST—SATURN LATER」。同じ一日にタイタン、次いで土星を通る軌道と、その後の北向き離脱を示す。V1 完全版より。

2号は4つの巨大惑星をつないだ（グランドツアー）

ボイジャー2号は1977年8月20日に先に出発した。木星最接近は1979年7月9日、土星は1981年8月25日、天王星は1986年1月24日、海王星は1989年8月25日である。約175年に一度の巨大惑星配置を利用し、4惑星すべてを訪れた唯一の探査機となった。土星で次の天王星へ届く方向を選び、天王星で海王星へつなぐという、一回ごとのスイングバイが次の到達条件になっている。

海王星の約5時間後、2号は衛星トリトンへ接近した。そのため海王星北極上空を通る軌道が選ばれ、通過後は黄道面から約48度南側へ向かった。1号がタイタンを優先して北へ離脱したのに対し、2号は4惑星を結んでから南へ離脱したのである。この4惑星連続フライバイを可能にした外惑星配置は約175年に一度で、利用できる打ち上げ窓は1976～1980年に限られていた。わずかな遅れで「永遠に不可能」になるという意味ではないが、同じ配置を逃せば一人の人間の生涯では待ち直せない。だからこそ、打ち上げ窓と各スイングバイの通過条件を一つずつ成立させたことに、このグランドツアーの価値がある。

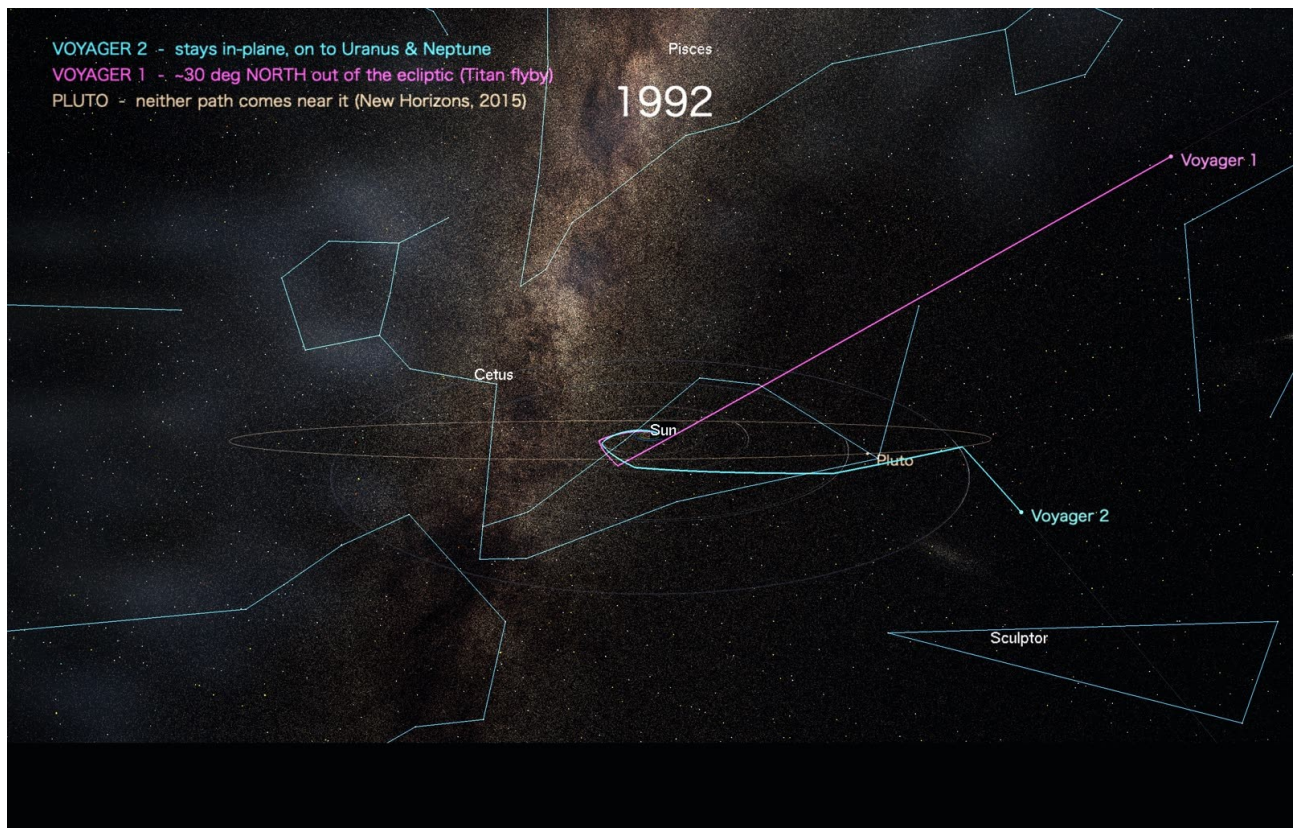


図4: 紫が1号、水色が2号。1号は土星から北へ、2号は天王星・海王星まで黄道面付近を進んだ後に南へ向かう。V2 完全版より。

スイングバイの数字をどう読むか

惑星に対する座標系では、理想的な二体問題として見れば、探査機は接近前と離脱後でほぼ同じ相対速度に戻り、主に進行方向が変わる。一方、惑星自体が太陽の周りを動いているため、太陽基準では惑星の公転運動との間でエネルギーと運動量が交換され、探査機は加速も減速もする。ツアーは各遭遇を「接近ズーム」「実軌道から測った速度変化」「正面キーホール通過」の三段で表示し、この二つの座標系を同時に読めるようにしている。ここでいう「キーホール」は、狭い通過位置と時刻の条件を直感的に示すツアー上の呼称である。実際の軌道設計では、惑星に正対した B プレーン上の照準点として通過条件を管理する。

1号の木星通過では、ツアー画面の区間端で太陽基準速度が約 13.3km/s から 23.5km/s へ上昇する。2号では木星で約 10.1→19.8km/s、土星で約 15.6→20.3km/s、天王星で約 17.9→19.7km/s となる。ところが最後の海王星では約 18.9→16.7km/s へ減速する。これは失敗ではない。トリトンへ接近し、その後に黄道面南側へ出るための軌道選択である。これらは映像が選んだ区間端の計測値であり、最接近の瞬間に速度が不連続に跳ぶという意味ではない。重力アシストは、推進剤をほとんど使わずに太陽系脱出に必要なエネルギーを得たり、進行方向と軌道面を大きく変えたりする技術であって、明確な境界を持つ「太陽の重力圏」を抜ける操作ではない。

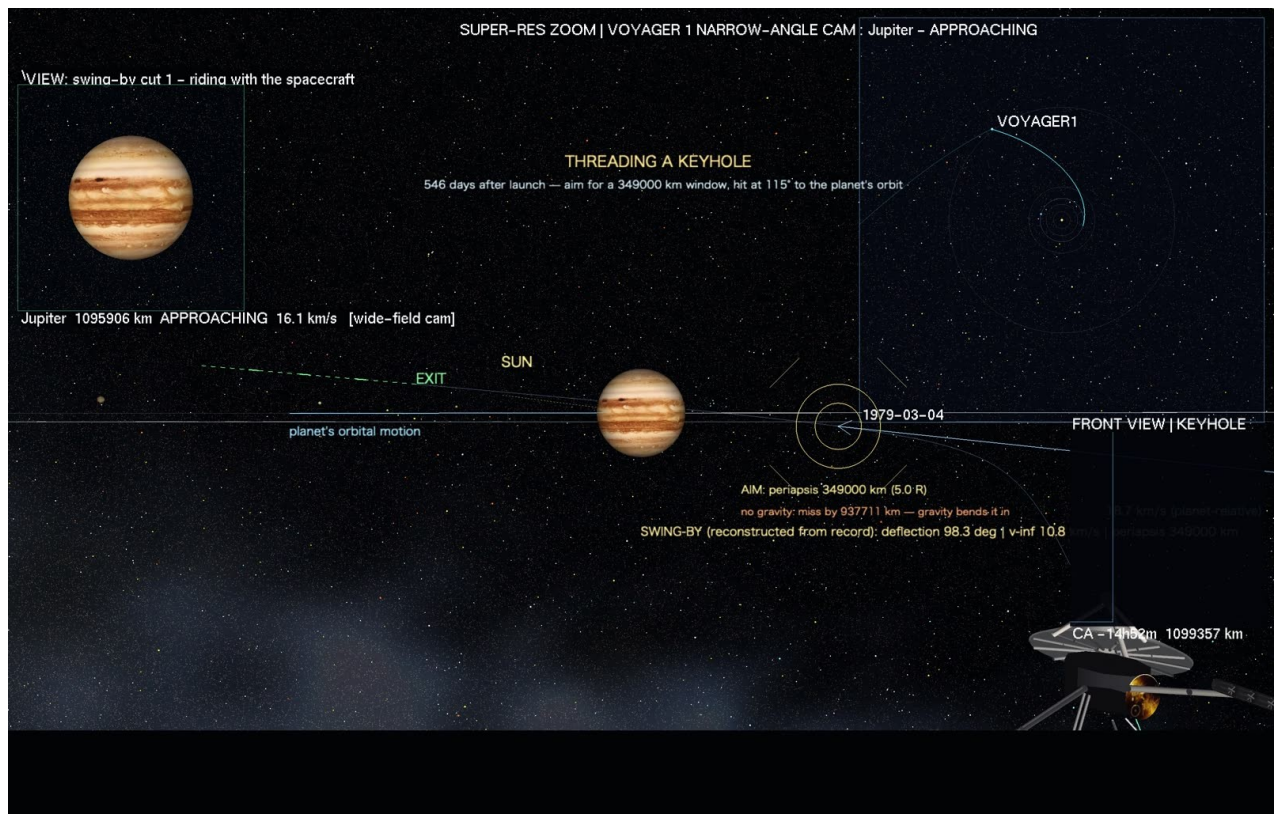


図 5: V1 木星スイングバイ。実軌道、惑星基準の方向転換、太陽基準の速度変化、正面キーホールを同一画面に表示する。

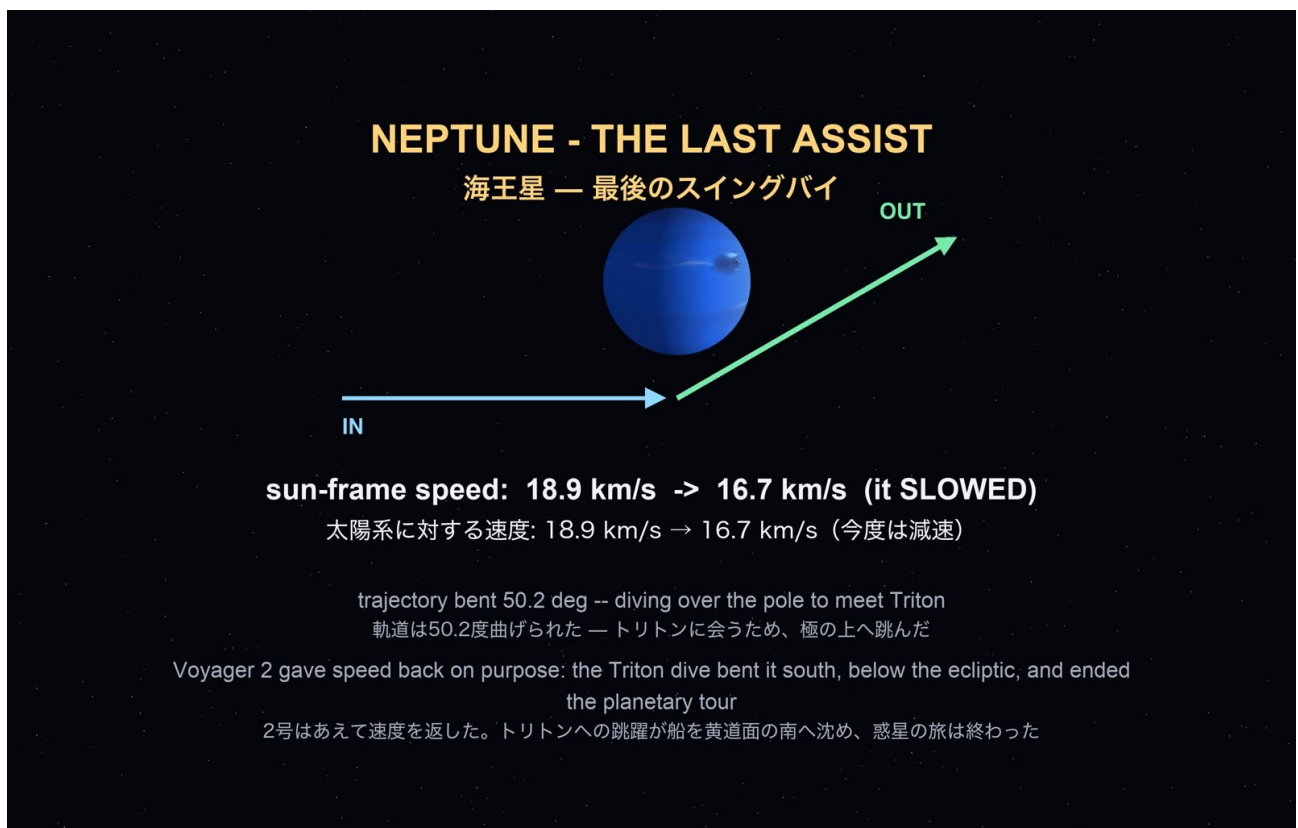


図 6: V2 海王星スイングバイ。太陽基準で 18.9→16.7km/s に減速し、トリトンへ向かうことを示す。

Pale Blue Dot と「現在の空」は別の場面である

Pale Blue Dot（淡く青い点）は、1号が1990年2月14日04時48分（UTC）に撮影した地球像である。撮影地点は太陽から40.4天文単位（約60億km）、黄道面から32.8度上方だった。太陽系を振り返った「ファミリー・ポートレート」の一部で、地球の撮影から34分後にカメラは停止された。したがって、ツアー後半の「2026年にボイジャーが見ている空」は現在のカメラ写真ではない。Gaiaなどの恒星データと探査機位置から再構成した星空である。

この区別は重要である。Pale Blue Dotは過去に実際に撮影され、地球が約1画素にしか見えない画像である。一方、現在の空は「もし同じ方向を見られたら何が見えるか」という計算結果である。現在位置まで移動しても恒星までの距離に比べれば変位は小さいため、星座は地球から見た形をほぼ保つ。太陽は消えるのではない。1号の現在距離では見かけの直径が約11秒角まで縮み、肉眼には点に見えるが、明るさは満月を十数倍上回る。つまり「暗い空の中の、きわめて明るい一点」となる。



図 7: 1990 年の Pale Blue Dot を示すツアー画面。実画像と、地球までの距離・太陽からの離角を同時に示す。

現在位置と「1 光日」の意味

2026 年 9 月 1 日 00 時 00 分（UTC）現在、JPL Horizons の位置ベクトルから求めると、1号は太陽から171.6246天文単位、地球から171.5050天文単位にあり、電波の片道到達時間は23時間46分22秒である。2号は太陽から143.8249天文単位、地球から143.2938天文単位で、片道19時間51分44秒である。地上から命令を送り、探査機の応答が戻るまでには、処理時間を除いても1号で約47時間33分、2号で約39時間43分かかる。接近場面を見ながら操縦することはできず、命令列は予測軌道にもとづいて事前に送られる。

NASA の予測では、1号は2026年11月18日02時16分07秒（米国太平洋標準時、日本時間同日19時16分07秒）に地球から1光日、すなわち光が24時間で進む25,902,068,356kmへ到達する。人工物として初めての1光日到達である。2号は2035年11月に1光日へ到達する見込みだが、NASAは現時点で日単位の到達時刻までは示していない。「1光日」は運用終了を意味する境界ではなく、地球との通信遅延と距離を直感的に示す節目である。

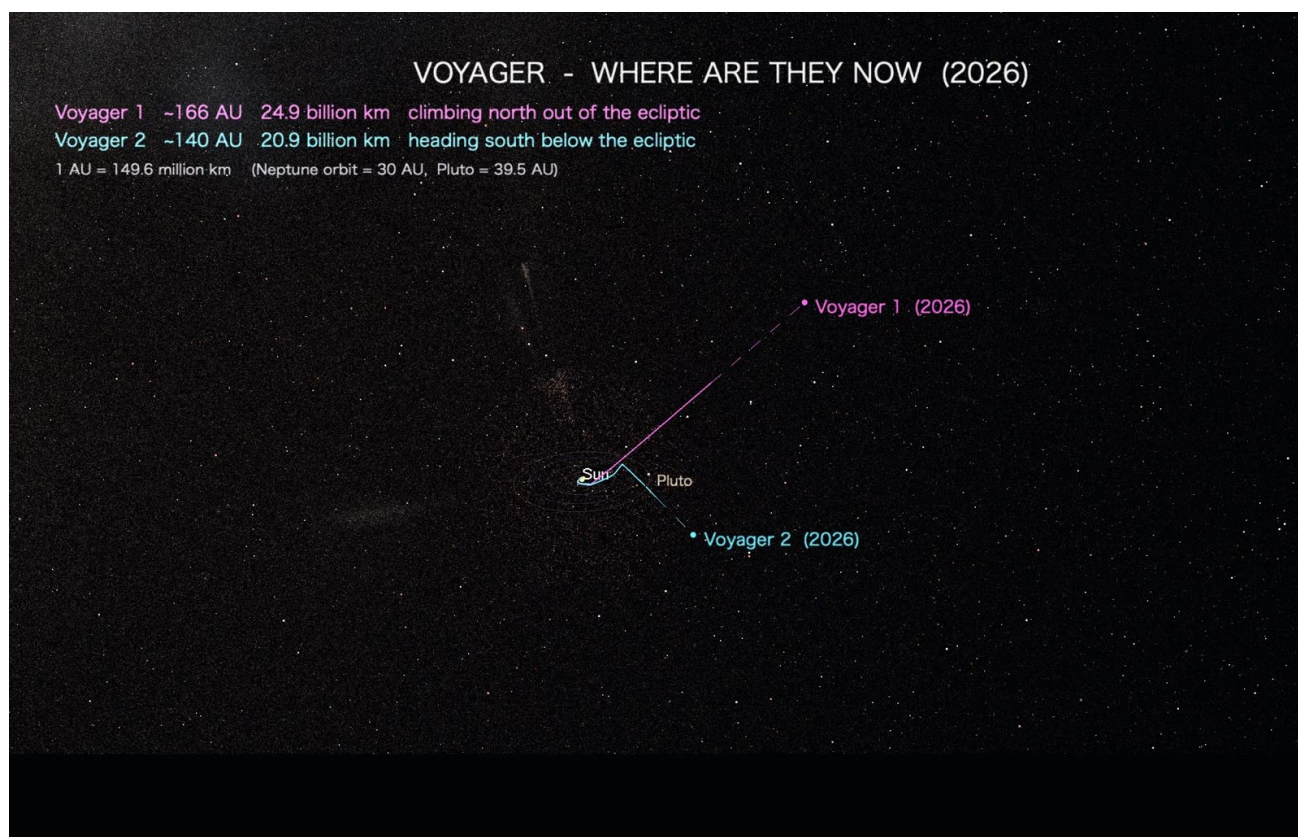


図 8: 2機の現在方向を同じ恒星背景上に置いたツアー画面。画面内距離は映像制作時点の表示で、本文は2026年9月1日00時00分（UTC）のJPL Horizons値へ更新している。

「次の星」は目的地ではない

V1完全版の終章は、Bailer-JonesとFarnocchia（2019）の計算にもとづき、約1万6,700年後にプロキシマ・ケンタウリから3.50光年、約4万4,000年後にGJ 445から1.88光年、約30万2,700年後にTYC 3135-52-1から0.97光年、約48万7,500年後にHD 28343から1.30光年を通る経路をたどる。V2について同論文が示す代表的な最接近は、約4万2,000年後のRoss 248で、距離は0.529パーセク（約1.72光年）である。

これらは恒星を目指して航行しているという意味ではない。Bailer-JonesとFarnocchia（2019）はGaia DR2とSimbadの合計約740万星、およびJPL Horizonsから求めた探査機の脱出軌道を銀河重力場の中で積分し、互いに動く軌道同士の最接近を求めた。数万年後には恒星自身も現在位置から大きく動いており、現在の星図へ直線を延ばすだけでは将来接近を求められない。V2完全版には約29万6,000年後のシリウス場面もあるが、同論文は「シリウスはGaia DR2に含まれないため研究対象外」と明記している。したがって、この場面はExoKyoto4Dによる将来ワープの可視化であり、Ross 248と同じ論文精度の最接近予測としては扱わない。

Envhazards で公開中の完全版

ボイジャー1号グランドツアー 完全版（約6分20秒）：[YouTube で視聴](#)

ボイジャー2号グランドツアー 完全版（約6分20秒）：[YouTube で視聴](#)

公開チャンネルは Envhazards / Earth & Planetary Env. Disaster Research Unit。2本とも2026年7月13日公開で、日英併記の字幕とクレジットを収録している。

参考情報をさらに調べるには

軌道・現在位置を再計算する—[JPL Horizons](#)。Voyager 1 はターゲット番号「-31」、Voyager 2 は「-32」で呼び出せる。基準点を地球中心「500@399」または太陽中心「500@10」とし、出力を Vectors に設定すれば、指定日時の位置ベクトル、距離、速度を取得できる。本稿の2026年9月1日00時00分（UTC）の値も、この条件で再現できる。出力項目の意味は[Horizons マニュアル](#)で確認できる。

原画像・航法データを確認する—[NASA PDS の Voyager 画像アーカイブ](#)には、Imaging Science Subsystem（ISS）の原画像と処理済み画像が惑星別に保存されている。撮影位置やカメラ姿勢まで再現したい場合は、[JPL/NAIF の Voyager SPICE アーカイブ](#)で SPK（位置・軌道）や CK（カメラ姿勢）などのカーネルを参照する。記事用画像を探す場所と、幾何を検証する場所を分けて使うとよい。

資料: [NASA Fact Sheet](#) / [Light-Day](#) / [Golden Record Contents](#) / [Golden Record Cover](#) / [Dawn FAQ](#) / [JPL Pale Blue Dot](#) / [JPL Horizons](#) / [Bailer-Jones & Farnocchia \(2019\)](#)

宇宙木材シンポジウム発表

MISSION 班

2026年2月24日に開催された第四回宇宙木材シンポジウムにおいて、木造人工衛星開発学生チーム MISSION 班によって行われた発表の内容を掲載いたします。

第4回宇宙木材利用シンポジウム

LignoSat-2のMISSION概要

2026/02/24

京都大学、龍谷大学

木造人工衛星開発学生チーム MISSION班

○末廣七海 田中美滢 中澤拓人 殿西覚弥
豊西悟大 伊藤駿冶 山本陽大 長谷真暉
水野愛理 尾崎祐太 大西大知 筒井涼輔

目次



1

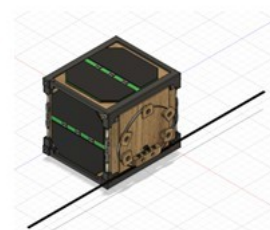
1. 2号機ミッションの全体像
2. 共通missionの意義と
1号機での開発状況
 - (1) ひずみ測定
 - (2) 温度計測
 - (3) 地磁気測定
3. 姿勢制御ミッション
4. 今後の展望

1. 2号機ミッションの全体像



超小型木造人工衛星2号機

- 超小型木造人工衛星1号機 (LignoSat) の後継機
- 2U→より多くのMISSIONを実施できる



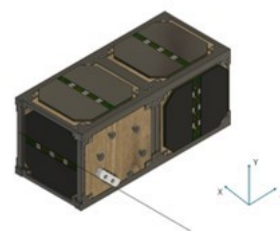
超小型木造人工衛星1号機 (LignoSat)

MISSIONの目的

宇宙での木材利用の可能性の追究

+

2号機で世界初の内蔵型パッチアンテナの使用
→**実用化のための第一歩**



超小型木造人工衛星2号機

2026/2/24

Suehiro Nanami / Ryukoku Univ.

3

1. 2号機ミッションの全体像



MISSIONの内容

1号機との共通MISSION

- ①木造構体内部のひずみと温度の経時的測定
- ②地磁気測定
- ③独自の双方向アマチュア無線通信サービス
- ④人工衛星内部のSingle-Event Upsetのカウント

新規MISSION

- ①地磁気を利用した姿勢制御
- ②内蔵型パッチアンテナによる通信

2026/2/24

Suehiro Nanami / Ryukoku Univ.

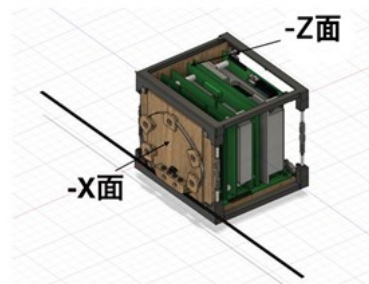
4

(1) ひずみ測定ミッション



木造構体内部のひずみの経時的測定

木造構体内部にひずみゲージ貼り付け
→90秒ごとに一回の測定を運用期間中に行う



↑2軸ひずみゲージ
(東京測器研究所 製)

- ・宇宙での木材の熱膨張率の推定
 - ・地上試験の結果と比較
- 宇宙環境因子が木材構体に及ぼす影響を調査

2026/2/24

Suehiro Nanami / Ryukoku Univ.

5

(2) 温度計測ミッション



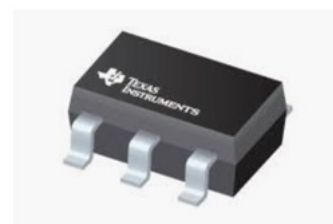
木造構体内部の多点温度計測

木材の熱膨張率を測定するために、ひずみ測定面
において、木造構体表面温度を計測

+

11点の温度計測により、衛星内部の温度分布と
その時間変化をモニタリング

温度センサ設置場所	個数
太陽電池パネル用基板(5面)	5
アンテナ展開機構内側	1
Ni-MHバッテリー近傍	1
Back Plane Board (BPB) 表面実装	1
Rear Access Board (RAB) 表面実装	1
木造構体内側(+Z面および-Z面)	2
合計	11



温度センサLMT84

2026/2/24

Suehiro Nanami / Ryukoku Univ.

6

(3) 地磁気測定ミッション

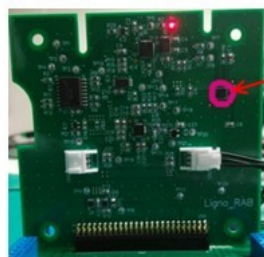


地磁気測定の意義

木材構体と金属構体での磁気透過率の差を調べる
金属構体 < 木材構体: 磁気透過率が高い
→ 姿勢制御系の導入によるパッチアンテナの使用を実現

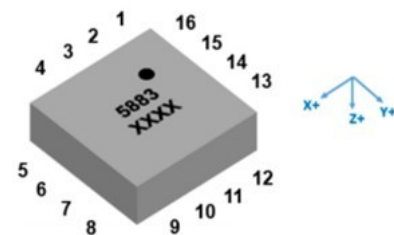


- ・地磁気による衛星の姿勢制御を行う



RAB

地磁気センサ



2026/2/24

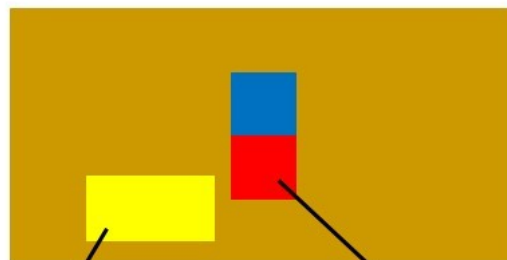
Suehiro Nanami / Ryukoku Univ.

7

3. 姿勢制御ミッション



姿勢制御の原理



パッチアンテナ
(指向性高)

永久磁石
(または磁気トルカ)

木造人工衛星2号機内部構造(イメージ)

2026/2/24

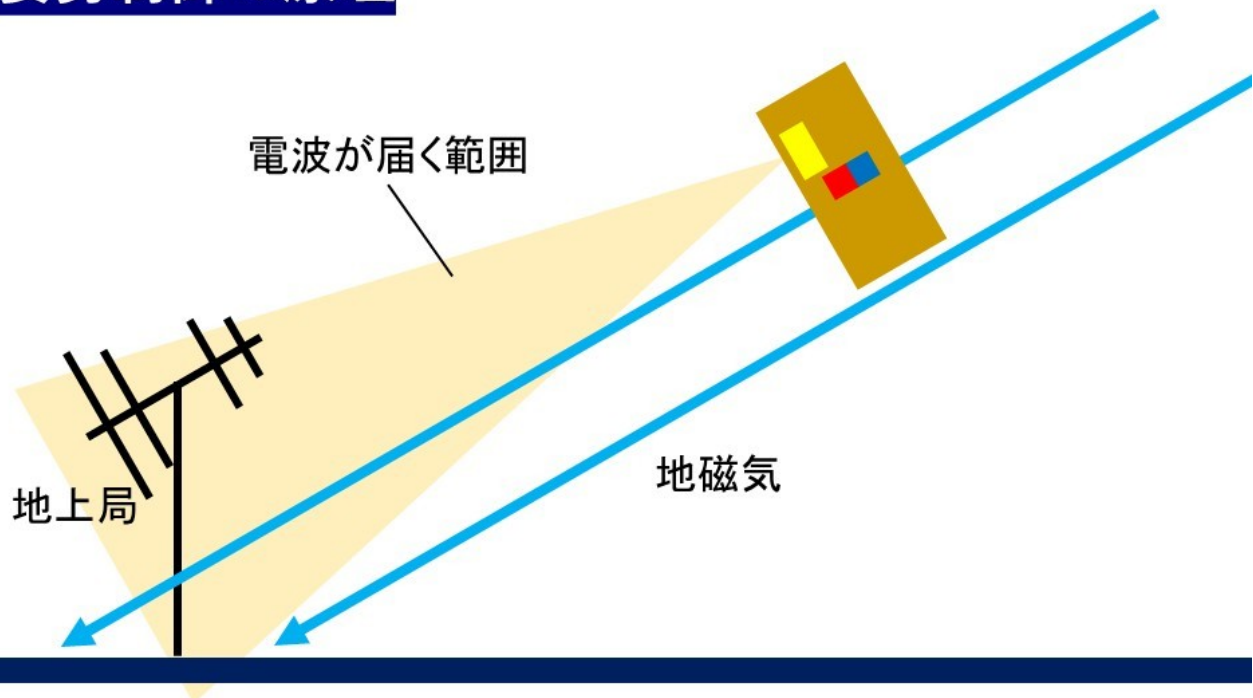
Suehiro Nanami / Ryukoku Univ.

8

3. 姿勢制御ミッション



姿勢制御の原理



2026/2/24

Suehiro Nanami / Ryukoku Univ.

9

3. 姿勢制御ミッション



姿勢制御にむけたシミュレーション

- 地磁気による姿勢制御の実現可能性をシミュレーションにより検討
- 数値計算の概要
 - ISS高度(地表400km)での衛星の周回軌道を仮定
 - 地球磁場の双極子近似+自転の考慮
 - 地磁気によって永久磁石が回転
→永久磁石と地磁気の向きが揃うことを期待

2026/2/24

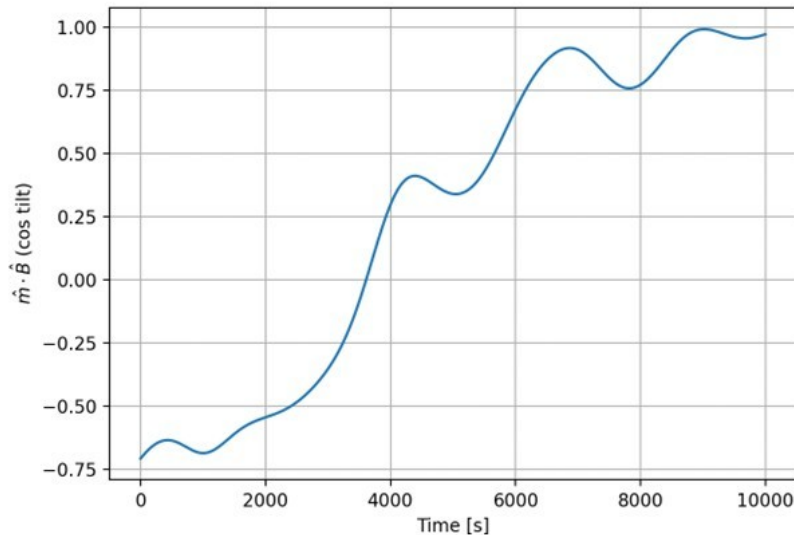
Suehiro Nanami / Ryukoku Univ.

10

3. 姿勢制御ミッション



姿勢制御にむけたシミュレーション



2026/2/24

Suehiro Nanami / Ryukoku Univ.

11

4. 今後の展望



2号機に向けて

- ・1号機での気づきを生かす
 - (例)・ひずみゲージのはんだ付け
 - 3線をはんだ付け
 - 基板内で分岐させ、はんだ付けを減らす
 - ・ひずみの測定点を増やす
-
- ・2号機ではパッチアンテナを搭載
 - 地磁気を用いた姿勢制御のシミュレーションの改良

2026/2/24

Suehiro Nanami / Ryukoku Univ.

12

NewsLetter 配信希望アンケート

購読者の皆様に今後の NewsLetter の定期購読希望調査を行っております。
以下の Google フォームにて回答をよろしくお願いいたします。

◆ Google フォームの URL

<https://forms.gle/vasHmRHkM1k8YFc7>

京都大学 SIC 有人宇宙学研究センター

<https://space.innovationkyoto.org/>

〒606-8306 京都市左京区吉田中阿達町1 京都大学東一条館2階208号

編集人：宇宙木材研究室 三本勇貴、豊西悟大、大谷壮生

Email: spacewood@mail2.adm.kyoto-u.ac.jp

SIC 有人宇宙学研究センター NewsLetter No.57

2026 年 9 月 1 日発行