

SIC 有人宇宙学研究センター

NewsLetter 2025年9月号 No.45

西陣織を纏う次世代宇宙服開発プロジェクト

PROJECT AMATERAS

——大阪・関西万博で「VESTRA」公開

京都大学大学院総合生存学館SIC有人宇宙学研究センターは、岐阜医療科学大学、Amateras Space株式会社、タイオネクタイ株式会社と共同で、西陣織を外装に用いた次世代型宇宙服の本格開発プロジェクト PROJECT AMATERAS (Advanced Materials and Textile Engineering for Reinforced Astronaut Suits - X)の開始を行いました。伝統工芸と宇宙先端技術という異分野を融合させ、日本文化の新たな可能性を切り拓く試みとして注目を集めています。

宇宙開発は観光や滞在型ミッションの拡大を背景に、宇宙服にも機能性に加え「個性」や「文化性」が求められる段階に入っています。千年以上の歴史を持つ西陣織は、高度な織技術と意匠性に加え、高強度素材を中心とした素材選択と縫製によって高い耐久性・耐摩耗性を備えることができます。研究チームは、この特性を宇宙服に応用し、機能美と意匠美を兼ね備えた“未来の民族衣装”の創出を目指しています。

開発中の宇宙服は多層構造を採用する予定です。外装層には西陣織を用い、装飾性にとどまらず実用層として設計しています。高強度繊維の利用とともに、今後タングステンやホウ素繊維などの金属糸や遮蔽材を織り込み、放射線遮蔽機能の付与にも挑戦します。

補助層にはMCP（メカニカル・カウンター・プレッシャー）技術に応用したジェル状パッドを導入予定です。関節部の可動域を確保しながら均一な圧力を伝達する仕組みで、三次元縫製技術と組み合わせることで、しなやかな着心地と操作性を高める狙いです。従来型に比べ、軽量化と機動性の向上が期待されます。

インナー層には高弾性ポリウレタン素材を採用し、25～30kPaの均一加圧と速乾性を確保する設計としました。さらに導電糸を織り込むことで、与圧状態をリアルタイムで監視できるセンシング機能の実装も視野に入れており、安全管理の高度化を図っています。

開発は現在、0.3～0.7気圧に対応するプロトタイプを準備し、最終的には弾性繊維による密着型MCPスーツとしての実用化を目指します。

Karmanと名付けられた完成モデル「VESTRA」は、佐藤あずさ氏がデザインし、Amateras Space株式会社が制作し、2025年大阪・関西万博で一般公開され、多くの来場者の注目を集めました。展示は8月10日から16日まで大阪ヘルスケアパビリオン・デモキッチンエリア宇宙未来ラボ（主催京大）で行われ、17日には関西パビリオン京都ブースにも登場しました。伝統工芸と

先端技術の融合が実際に披露され、観覧者に強い印象を残しました。

またさらに、9月には京都市役所にて一般公開されており、10月以降は、東京の宇宙博物館 TenQでの展示も予定されています。

想定される用途は船外活動（EVA）にとどまりません。宇宙観光者向けの軽量版 MCP スーツや、万博・宇宙テーマパークでの体験用スーツ、科学館や博物館の教育展示モデルに加え、潜水用スーツ「Nishijin Dive」など他分野への展開も構想しています。特に観光分野では「映える」装備への需要が想定され、西陣織の意匠性が差別化要素として働く見通しです。

一方、西陣織産業は国内の着物市場縮小の影響で厳しい局面が続きます。本プロジェクトは新たな需要の創出と若手職人の技術継承の場を提供し、地域経済の活性化にもつながると期待されています。関係者は「1000年の伝統を、100年先の未来へ」とのスローガンを掲げ、文化と産業の両面で再興を目指しています。

今後はNASAやESAとの国際連携研究、SXSWなど世界的イベントでの「宇宙×ファッション」提案、さらに教育・科学館向けコンテンツ開発も計画しています。再生ポリエステルや天然染料などのサステナブル素材の活用も検討し、環境負荷の低減と高機能の両立を図る方針です。

伝統の知と先端工学を結集したこの計画は、宇宙での実用と文化的表現の双方を射程に収めています。万博での披露を経て、京都発の宇宙服「VESTRA」が日本の技と美意識を世界に発信する役割を担っています。（山敷庸亮 記）

大阪・関西万博 2025

宇宙未来生活ラボ – 宙（そら）に生きる未来へ

(Space Living Lab - Towards Life Beyond Earth)

開催記録

2025年8月10日-16日、大阪・万博2025 大阪ヘルスケアパビリオン内「ミライの食と文化ゾーン／デモキッチンエリア」にて、展示イベントテーマ：ーミライの宇宙での暮らしと食ー宇宙未来生活ラボ – 宙（そら）に生きる未来へ (Space Living Lab- Towards Life Beyond Earth)を開催されました。主催は、京都大学大学院総合生存学館 SIC 有人宇宙学研究センターで、共催として鹿島建設（株）、DMG 森精機（株）、協力団体として（一社）宙ツーリズム推進協議会、コスモ女子宇宙ごはん研究会に協力いただきました。また同時に開催した宇宙服展示においては、岐阜医療科学大学の Knight Suits と、Amateras Space 株式会社の VESTRA の展示を行い、世界初の西陣織宇宙服を披露しました。また、スペースカフェにおいては、株式会社 Space Shift と、amulapo（株）の協力を得ると同時に、宇宙産業機構による宇宙検定も実施しました。

会場では人工重力施設ルナグラス・ネオの模型のほか、大阪ヘキサシティの模型、そして Amateras Space（株）および岐阜医療科学大学と共同開発中の宇宙服「VESTRA & KNIGHT SUITS」の展示も行われました。

初日には、京都大学大学院総合生存学館教授であり、SIC 有人宇宙学研究センター長の山敷庸亮氏の挨拶と、山崎直子宇宙飛行士からのビデオメッセージの配信が行われました。また、本イベントのテーマムービーの解説がありました。

以下、SIC 有人宇宙学研究センターが主催したそれぞれの講演について紹介いたします。

大野琢也氏：「宇宙居住には重力がいるんです」（8月10日）

SIC 特任准教授で鹿島建設宇宙担当部長の大野琢也氏は、「宇宙居住には重力がいるんです」と題し、人工重力の必要性を訴えました。講演では遠心力を応用した人工重力施設「ルナグラス・ネオ」の構想模型を用い、人間の健康や食生活に対する重力の役割をわかりやすく解説しました。画像や模型を使った分かりやすい説明により、聴衆に宇宙での生活のリアルさを伝えました。



山敷庸亮氏：「地球以外に人が住める惑星ってあるの？」（8月10日）

京都大学大学院総合生存学館教授で SIC センター長の山敷庸亮氏は、「地球以外に人が住める惑星ってあるの？」をテーマに、月・火星、さらには太陽系外惑星における移住可能性を解説しました。Proxima Centauri b, TRAPPIST-1d, e, TOI-700 d の想像動画をみせながら大気や水の有無など、環境的な制約条件を踏まえながら、地球外での居住環境の現実的な可能性について、最新の研究とともに紹介しました。



荒木慶一氏：「新しい形状記憶合金が拓く未来社会－耐震から宇宙居住まで－」（8月11日）

11日には、京都大学の荒木慶一教授が登壇し、新素材・形状記憶合金の研究とその応用について講演しました。地上では耐震技術として、宇宙では居住環境の整備に向けてと、多次元的な社会課題の解決に向けた素材の可能性を語り、未来社会における革新素材としての役割を力強く伝えました。特に形状記憶合金が新たな分野においてさまざまな利用可能性があることを、事例を交えて紹介しました。



桜井誠人氏：「宇宙で生きる！宇宙居住と物質循環」（8月11日）

同日に JAXA 関係者である桜井誠人氏が、宇宙居住に欠かせない環境制御・生命維持システム（ECLSS）について講演しました。人間が1日で消費・排出する酸素や二酸化炭素、水の循環を例にあげ、生命維持に不可欠な物質循環の視点から、宇宙居住のインフラとしての ECLSS の重要性を説き、新たなアルテミスミッションなどでの ECLSS システムについて述べ、我が国の技術が将来どのように利用されるかについて述べました。



石川秀氏：「月でポテトは揚がるのか？～宇宙の暮らしと、地球の未来を考えよう～」（8月12日）

鹿島建設の石川秀氏は、宇宙での生活をユーモアを交えた切り口で紹介しました。「月でポテトは揚がるのか？」という身近な疑問から、宇宙と地球の違いを掘り下げ、微生物制御や殺菌に関する研究の知見を交えて、宇宙生活のリアリティに触れる内容でした。また、宇宙居住におけるさまざまな疑問も踏まえながら、実際の事例を解説しました。



野中朋美氏：「宇宙で心地よく暮らす時代へ：快適 ECLSS が描く未来のライフスタイル」（8 月 12 日）

早稲田大学の野中朋美教授は、宇宙滞在における快適・健康・QOL に着目し、新たな宇宙居住の視点から講演しました。2040 年代の一般民間人による宇宙旅行到来を想定し、従来の ECLSS に「快適性」「人間中心設計」を統合する構想とその実践例を紹介。生活の質を尊重した宇宙居住の未来像を提案しました。特に快適 ECLSS プロジェクトの広範囲の研究者同志のシナジー効果も踏まえた新たな姿と宇宙居住の将来像について述べました。



名倉真紀子氏 & 玉根昭一氏：「宇宙でのより良い暮らしのために」（8 月 13 日）

13 日は、鹿島建設の名倉真紀子氏と積水ハウスの玉根昭一氏が並んで登壇し、それぞれの専門分野から宇宙居住に関する知見の共有と提案をしました。両氏は、快適で健康的に暮らすための要素（食・運動・水・光・空気等）について、地球（1G）と月（1/6G）及び、ISS（微小重力）の居住環境と比較しながら、宇宙居住において「宇宙でのより良い暮らし」の実現に必要な条件を提示しました。



深浦希峰氏：「月面開発の最新動向と民間企業参入の黎明期」（8 月 13 日）

日揮グローバル(JGC)の深浦希峰氏は、月面社会実現に向けた食・住・インフラの現実的な開発について講演しました。通信インフラから住環境、エネルギー、輸送インフラまで、多岐に渡るインフラ整備の取り組みを紹介し、産学連携による月面開発の最前線を伝えました。特に、JGC が掲げる月面プラントの全体像と、VR も含むさまざまな応用について述べました。



富田キアナ氏：「災害食と宇宙食」（8 月 14 日）

研究者の富田キアナ氏は、我が国で発生した大規模災害を取り上げ、それぞれの場面でどれほど多くの人々が、どのくらいの期間、食の確保に苦しんだのかを示しながら、「災害食」の重要性を強調しました。さらに、「災害食」と「宇宙食」の共通点に着目し、調理器具や保



存手段が限られた状況で栄養を確保する工夫について解説。提供されたアルファ米食の「ほしぞらおむすび」を例に、宇宙食と災害食の類似性を指摘するとともに、災害時の知見を宇宙食研究に応用できる可能性を示しました。

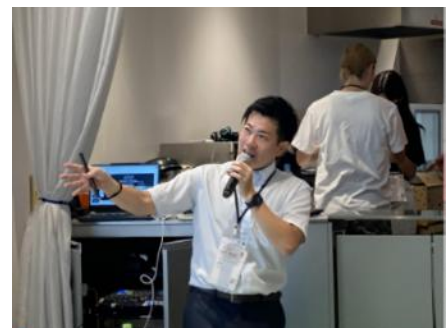
藤永嵩秋氏：「Space Diving 疑似 1/6 重力を体感する水中疑似月面プログラム」（8 月 14 日）

AquaNaut 代表の藤永嵩秋氏は、水中で月面疑似体験をする「Space Diving」のプログラムを詳細に紹介しました。また、ダイビングスーツの歴史と宇宙開発の歴史を、時系列を踏まえて共通点を紹介し、その鍵となる人物や、バディシステムの応用について述べました。また、宇宙服と潜水服に関する相互技術交流の話を述べ、NASA/JSC の NBL における宇宙飛行士訓練を参考にし、開発した水中レクリエーションコースを通じ、宇宙を身体で感じる新たな方法を来場者に提案しました。



萩生翔大氏：「動く身体を捉えなおす—宇宙から考える運動と健康—」（8 月 15 日）

京都大学准教授の萩生翔大氏は、「動く」とは何かを問い直す講演を行いました。「宇宙から地球に戻るとなぜうまく歩けなくなるのか？」という問いを出発点に、重力の小さい宇宙での身体の動きの変化や運動測定の前線を紹介し、それらの知見が地上での暮らしや高齢化社会の健康課題解決にどのように結びつくかを深く掘り下げました。さらに、宇宙居住に向けて、日常生活の基盤となる運動をどのような観点から理解し、解析する必要があるのかについても論じました。



森裕和氏：「宇宙産業のトレンドと注目テック！」（8 月 15 日）

宇宙ビジネスコンサルタントの森裕和氏は、宇宙産業の最新トレンドと注目テックをわかりやすく整理して紹介しました。特に、最新の宇宙インフラの市場や、通信プロトコル、新たな分野についての解説を行いました。国内外を飛び回る視点から、グローバルで注目される宇宙関連技術や市場動向を提示し、講演内容は業界関係者にも大きな示唆を与えるものでした。

土井隆雄氏：「有人宇宙活動」（8月16日）

最終日には、日本を代表する宇宙飛行士であり学者でもある土井隆雄氏が演壇に立ちました。1954年生まれ、日本人として初めて船外活動を行った経験を交え、「有人宇宙活動」として、日本の有人宇宙活動の第一期および第二期の歴史を、日本人初の船外活動や「きぼう」搭載ミッションを含めて整理し、今後の宇宙への道筋を示しました。



日置あつし氏：「宇宙の劇場 重力から解放された自分の体の可能性って!？」（8月16日）

アーティストの日置あつし氏は、パフォーマンスをまじえた宇宙での芸術について講演を行いました。衛星周回軌道上での「無重量劇場」というコンセプトを通じて、重力解放下での身体と芸術の可能性を探り、聴衆に新しい宇宙空間での表現と身体性を体感させました。最後は、山敷氏による音楽と映像と共に、自身のダンスを含むパフォーマンスを行い一週間にわたる展示と講演の幕を閉じました。



<https://youtu.be/1JaTrsLvAyY>

<https://www.youtube.com/watch?v=VuEsc7kt5eI>

コスモ女子（8月10日～16日）

毎日13時から15時までの時間帯には、来場者が楽しみながら宇宙を学べる体験プログラムを展開しました。内容は「宇宙食体験」「中学生宇宙食開発者によるプレゼン」「地球 vs 月の謎解きチャレンジ」の3つの20分プログラムから構成されており、一つひとつが来場者に宇宙を「身近に感じる」きっかけを提供しました。



さらに、8月12日には特別講演「人工衛星打ち上げ秘話」が行われました。宇宙開発未経験の女性チームでありながら人工衛星の打ち上げに成功したコスモ女子代表の塔本愛氏が、その挑戦の背景や裏側を語り、多くの聴衆に強い印象を残しました。

また、8月15日と16日には、株式会社 amulapo との共同による特別宇宙体験イベントも実施され、普段とは異なる“宇宙をより体感させる”演出がなされ、注目を集めました。

コスモ女子は 2024 年 8 月、宇宙開発未経験の女性チームとしては国内初となる、人工衛星打ち上げ成功の実績を有しており、女性が 2 割未満とされる宇宙業界において、その活動と存在は挑戦と可能性の象徴とされています。

宙ツーリズム

一般社団法人宙ツーリズム推進協議会は、「プロが解説する宇宙旅行と宇宙食」をテーマに、期間中毎日オリジナルプログラムを提供しました。宙ツーリズムのアンバサダーである宇宙飛行士山崎直子さんと、新人宇宙飛行士 VTuber 月女神（アルテミス）イチとのオープニングトーク映像に続いて、協議会の会員である宇宙旅行や宇宙食の専門家から、いよいよ身近になってきた宇宙旅行の最新動向と、宇宙での食を地上でも楽しむ「宙グルメ®」も交えた「宇宙食クイズ」を展開し、来訪者とのやりとりもある楽しい時間となりました。



「宇宙ごはん研究会」による宇宙食の解説

宇宙ごはん研究会では、宇宙食に関するさまざまな展示を行い、人工重力を用いたレストランや、宇宙でのおこのみやき、そしてさまざまな味覚に関するクイズや展示を行い、非常にたくさんの訪問客で賑わいました。



蓮見大蓮氏 & 佐藤あずさ氏

初日 8/10 の 12:00 からは、Amateras Space の蓮見大蓮氏 & 佐藤あずさ氏が登壇し、西陣織を用いたコンセプト宇宙服「VESTRA」の開発について講演が行われました。

会場に展示された「VESTRA」には多くの来場者が集まり、大きな注目を集めました。開発の背景や、京都大学・岐阜医療科学大学との協力体制について紹介するとともに、宇宙においてファッションデザインが先導する未来の意義が語られました。



さらに今回は、タイヨウネクタイ株式会社の松田梓氏も登壇。「西陣織で宇宙服を作る」と聞いた瞬間に「面白そうだ」と感じ、すぐに参画を決意したエピソードを披露し、会場を大いに盛り上げました。

田中 邦彦氏（岐阜医療科学大学）

宇宙服の構造と機能についての解説がありました。特に宇宙服が抱える「内部気圧」と「可動性」の関係による問題、それを解決するために田中教授が開発を進めている宇宙服「Knight Suit」のコンセプト（外骨格＋伸縮性素材による高圧かつ高可動性）についての解説がありました。



スペースカフェ – 宇宙を身近に感じる一週間の知と体験

宇宙未来ラボでは、8月10日から16日までの一週間、毎晩18時より「スペースカフェ」が開催されました。来場者は、日替わりで登壇する多彩なゲストの講演に耳を傾けながら、宇宙でのドリップコーヒー抽出装置 ISSpresso の解説を聞き、地上では本格的なイタリアンエスプレッソを味わうというユニークな時間を過ごしました。



宇宙研究の最前線と日常の喜びである「コーヒー」を融合させたこの企画は、科学を堅苦しいものではなく、生活に寄り添う文化体験として提示する試みでもあります。

また、宇宙産業機構のアンバサダーであるカリン・パウラ氏によって、宇宙検定 京大 x 宇宙産業機構 も行われ、参加者はスペースカフェを楽しみながら宇宙検定に挑戦しました。

初日から三日間（10～12日）は、アマテラススペースの蓮見大蓮氏が登壇し、宇宙服の基礎について丁寧に解説しました。西陣織宇宙服をはじめとする宇宙服開発について、その値段、その重さ、理想とする宇宙服の形態など、さまざまな夢に共感する聴衆で溢れました。宇宙飛行士の命を守る技術的要素や歴史的変遷は、多くの来場者にとって新鮮であり、会場は熱気に包まれました。



金本氏（8月13日）

8月13日には、スペースシフト社 CEO の金本氏が登壇し、合成開口レーダーによる「ヴァーチャルコンステレーション」技術を紹介しました。特に洪水災害の早期予測や農作物モニタリングへの応用について熱く語りました。講演後には、宇宙食にも採用されている「カレーメシ」や、宇宙にまつわるお酒がふるまわれ、宇宙と食文化の融合が場をさらに盛り上げました。



藤永氏（8月14日）

14日のスペースカフェでは、藤永氏による水中 1/6G 体験コースの解説が行われました。潜水技術と宇宙開発との関わりを、歴史的背景を踏まえながら丁寧に紹介しました。来場者は宇宙空間の低重力を模擬する手法を学びつつ、会場では「星空クッキー」が提供され、知識と味覚の双方で宇宙を感じられる場となりました。



田中氏&松広氏（8月15日）

15日は、株式会社 amulapo の田中氏と松広氏らが登壇しました。VR を用いた宇宙基地滞在体験を披露し、来場者は仮想空間での宇宙生活に没入しました。また、アルファ精米技術を応用した「星空おむすび」の試食が行われ、宇宙食の進化を実際に味わえる貴重な機会となりました。



並行して会場では、大阪ヘキサシティ（スペースポート）から月面人工重力施設「ルナグラス・ネオ」へと飛び立ち、さらに人工重力宇宙特急「ヘキサトラック」を経由して火星「マーズグラス」へ。その後、太陽系外の Proxima Centauri や Tau Ceti e, TRAPPIST-1 system, Kepler-452 b へと飛翔する「人工重力ネットワーク（Artificial Gravity Network）」の世界が映像と音楽で描かれました。



動画の解説は大野氏、映像編集は山敷氏が担当し、CG 制作は岡村樹二也氏（ジュニアート・デザイン）と学生の堀氏・三井氏らが手がけました。音楽は SpacePlanet9（Yosuke Alex）が編曲し、来場者はまるで未来の宇宙旅行に参加しているかのような没入体験を味わいました。

<https://www.youtube.com/watch?v=35JsN79aLEk>



そして最終日 16 日、すべての講演終了後には特別プログラムが用意されました。主催の山敷氏による京都をテーマとしたオリジナル楽曲と映像にあわせ、舞踏家・日置あつし氏が幻想的な舞を披露しました。音楽・映像・身体表現が一体となり、一週間にわたる展示と講演は静かに、そして力強く幕を閉じました。



<https://youtu.be/1JaTrsLvAyY>

<https://www.youtube.com/watch?v=VuEsc7kt5eI>

今回のデモキッチンで開催された宇宙未来ラボは、科学的知識、先端技術、そして文化芸術を融合させた稀有なイベントであり、非常に多くの登壇者が時間刻みで聴衆に語りかけ、来場者に講演や試食を通じて「宇宙は遠い未来ではなく、すでに私たちの生活の延長線上にある」という実感を与えました。



<https://youtu.be/1JaTrsLvAyY>

<https://www.youtube.com/watch?v=VuEsc7kt5eI>

展示物

会場入り口では、岐阜医療科学大学の「Knight Suits」と、Amateras Space 株式会社による「VESTRA（名称：Karman）」が並んで展示され、世界初の西陣織宇宙服が披露されました。今回の展示は、8 月 6 日に京都大学・岐阜医療科学大学・Amateras Space 株式会社・タイヨウネクタイ株式会社による共同開発発表を経て、初めて一般公開されたものです。

西陣織を採用した革新的な宇宙服は、その美しさと先進性から大きな注目を集め、会場には宇宙服とともに写真を撮る来場者の姿が絶えませんでした。伝統工芸と最先端の宇宙技術が融合した新しい挑戦は、多くの人々に強いインパクトを与え、「宇宙での暮らしをどう豊かにするか」というテーマに新しい視点を加える場となりました。



加えて、鹿島建設株式会社と京都大学が共同研究を進める月面人工重力装置「ルナグラス」「マーズグラス」、そして次世代構想「ルナグラス・ネオ」の展示も行われました。鹿島建設による完成模型のほか、京都大学の学生たちが主体となって制作した回転模型も紹介され、人工重力施設の未来像を来場者にわかりやすく提示しました。

さらに、本イベントのコンセプトである「HEXACITY OSAKA SPACE STATION」を象徴する模型も展示され、映像と組み合わせた紹介によって、来場者は宇宙未来都市のビジョンを立体的に体感することができました。モデル内を実際に走行するヘキサトラックやヘキサトラックを打ち上げるための発射台のほか、六角形を基調とした建造物などからスペースポートである大阪ヘキサシティのイメージを膨らませることができました。



(山敷庸亮 記)

SPEXA 参加報告



2025年7月30日（水）から8月1日（金）にかけて、東京ビッグサイトで開催された宇宙ビジネス特化型展示会「SPEXA(Space Business Expo)」に参加しました。本展示会は、衛星データ活

用、地上インフラ、製造・材料、打上げ・運用など多岐にわたる分野の出展者と来場者が交流できる場として設計されており、会期中は展示と並行して講演・ピッチ・商談が行われる構成でした。

本参加の主目的は、木造人工衛星「LignoSat」の広報と研究の社会実装に向けたパートナー探索でした。ブースでは、模型とパネルを用いて木材の宇宙環境適合性や構体としての利点（軽量性・断熱性・大気圏再突入時の環境負荷低減など）を説明し、素材研究から衛星設計・宇宙実証・社会実装までの一連の流れを示しました。

来訪者からは、「ニュースで見た」「思ったより小さい」「寄木細工がすごい」「かなり軽い」といった感想が多く寄せられました。質疑応答では、以下の論点が繰り返し問われました。

- ・バッテリーの仕様や安全性はどう確保しているのか。
- ・振動試験や熱真空試験の結果はどうか。放射線耐性の見立てはどうか。
- ・真空中のアウトガスは問題にならないか。含水や揮発成分の管理はどう行っているか。
- ・木材を用いることのデメリットは何か。熱膨張や寸法安定性の課題はどう設計で吸収しているか。
- ・外装の穴加工の理由は何か（熱変形・応力逃がし・配線やセンサ導通の観点など）。
- ・ミッションとして何を測定するのか、運用期間や姿勢・熱設計の考え方はどうか。

また、木材衛星の活用や投資に関する打診も複数いただき、教育・人材育成向けの衛星プラットフォームや、サステナビリティを軸にした共同プロジェクトの可能性を感じました。

SPEXA は、宇宙ビジネスの最新動向と実需を同時に把握できる有効な場でした。LignoSat に対する注目は高く、特に安全・信頼性・環境適合性に関する議論が深まりました。本参加で得られた関心の急所をもとに、研究と社会実装を着実に前に進めてまいります。（山本陽大 記）

LignoSat 学生チーム活動紹介

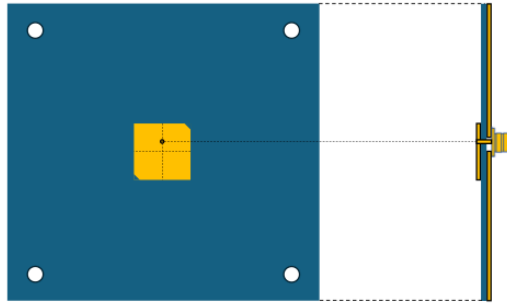
COMM 班

現在、COMM 班では LignoSat 2 号機に搭載予定のパッチアンテナの開発を進めています。今回は、その一部を紹介したいと思います。

パッチアンテナとは、小型化が可能な平面アンテナの種類の一つです。LignoSat 2 号機ではこれを衛星筐体内部に設置し、将来的に木材が宇宙利用された際にアンテナの破損を防いだり、メンテナンスをしやすくするためにアンテナを木造構造物内部に設置できることを実証しようとしています。またパッチアンテナは指向性が高いため、地上と通信するために Mission 班が開発中の姿勢制御システムを用いる必要があります。

使用するパッチアンテナの帯域の候補は 2.4GHz 帯か 5.8GHz 帯となっています。パッチアンテナの開発の流れとしては、まずどの帯域を使うアンテナかを決定し、その後設計ソフトを用いてパラメータを調整していきます。2.4GHz 帯のアンテナはすでに完成しており現在は 5.8GHz 帯のパッチアンテナを発注している段階で、その後実際にアンテナ放射パターンの測定を行います。

以下の図面は現在発注している 5.8GHz 帯のパッチアンテナのものです。



このパッチアンテナの開発を通じて、木材の宇宙での優位性を示すことが可能とあり、そのお手伝いができることにやりがいを感じています。(滝口朔矢 記)

低圧下樹木育成プロジェクト

火星で林業

京都大学・京都府立大学 池田武文

はじめに

NewsnLetterNo.44 では火星での森林育成について記しました。本稿では木材生産を目指す宇宙林業について述べます。

林業は一次産業である農林水産業の一つに位置付けられ、土地に林木を仕立てて培養し、これを経済的に利用することを目的とする生産業（広辞苑）として知られています。農林水産業は生物の生産と自然から採取、そしてそれらの輸送、加工、販売の二つの側面を併せ持つ産業です。これらに加えて特に近年は、農林水産業が地球環境や生物多様性などにも、良し悪しの両面を含め様々な影響をおよぼしていることが知られています。

私たちの生活に欠かせない衣食住のうち、食をまかなう農産物と水産物は日々の食材として身近な存在です。これらに比べて、住については日常的に意識することはあまりないでしょう。さらに、農産物と水産物であってもそれらの生産現場は意外と知られていないようですし、林業の現場と林業そのものについては推して知るべし、でしょう。以下に、地球における林業、特に日本における林業の概要、ならびに火星での林業の可能性について記します。

林業とは

上記の広辞苑には「土地に林木を仕立てて培養」と記載されています。このことは現在日本各地で行われており、人がスギやヒノキ等の苗を植えて（造林）育てる（育林）、植林によって人工的に森林を育成（人工林）する林業、育成林業を指しています。これに対して、自然に広がっている森林から樹木を切り出して木材として利用する林業が採取林業です。こちらが世界中で太古の昔から行われている林業です。採取林業は日本においても古くから行われており、青森県で見つかった縄文時代（数千年前）の特別史跡「三内丸山遺跡」ではクリをはじめとする木材で造られた建物跡が確認されています（三内丸山遺跡センター）。この方法を長きにわたって続け、何も手を打たなければ、やがて森林資源

が枯渇し、持続的に木材を得ることは叶わなくなり、山は禿山になってしまいます。それを回避するため、平安時代ごろから育成林業も併用されるようになったようです。その後、江戸時代に入ると都市化や人口増加により以前に増して木材需要が増加したため、植林による森林の整備が進み、現在私たちがイメージする、管理された林業地が各地に形成されました。近畿地方ではその代表格として奈良県の「吉野林業」が知られています（西暦 1500 年ごろから造林を開始）。このような育成林業は、林業の形態としては意外と新しく取り入れられた形態であり、実施されている地域は日本と欧米諸国に限られていると言ってもいいでしょう。採取林業は現在でも世界の多くの地域で行われており、地球規模での森林減少の多くは熱帯林での採取林業によるものです。その大規模な跡地の多くでは森林再生のための育成林業が思うように進んでいません。なお、伐採された木材の多くは先進国に輸出されました。

以上のように、林業には採取林業と育成林業のふた通りの形態があります。火星で採用する林業の形態は育成林業しかありません。そもそも既存の森林が存在しないのですから。

育成林業のノウハウ

育成林業を進めるに際しては、まずはどのような用途の林木を育てるのかを決めます。江戸時代に日本において確立されていた各地の林業地では、主にそれぞれの地域に天然分布するスギ、ヒノキが造林樹種として選び出され、それらの人工林を育成する技術（育林技術）が磨かれ、ほぼ完成しているといっても過言ではないでしょう。スギ、ヒノキを育てる林業は今も日本林業の中心であり続けています。

人工林を仕立てるには、タネの生産、貯蔵、発芽にかかわる諸問題、苗の育成（育苗）、造林地の土壌、環境への適応性、成長速度、密度管理、病虫害、気象害などに関わる諸問題があり、これらのうち一つでも重大な弱点があると、その樹種の人工林育成は困難になってしまいます。したがって、人工造林に使える樹種は思いのほか限られるのです。日本固有のスギ、ヒノキはこのような問題をクリアし、かつ多様な用途に使える優れた樹種といえます。

林業の現場では、昔からその林地に植える樹種の選抜に際しては、「適地適木」を重視してきました。これは、その林地の環境特性（立地）に適合した樹種を造林対象とすることを意味します。つまり、その地域一帯に天然分布している樹木を使用し、かつ特定の種、例えばスギであっても遠く離れた地域に分布するスギは使わないことを意味します。木材需要が多くない時には「適地適木」にのっとり育林を進められます。しかし、日本では明治維新後、国内の殖産向上のため木材需要が急増し、「適地」でない立地にも人工造林地を拡大する、さらに苗不足を補うために遠方の同種の苗を使った人工造林が進められました。第二次世界大戦後はこのような状況がさらに顕著になりました。こうなると植栽した苗がその林地の環境に適合しないため、植栽後、苗が枯れたり、十分な成長しないこともありました。現在は法律（林業種苗法）により、苗の配布区域、指定区域が規定され、日本国内においても地域間での苗の移動が制限されています。このような状況下で、対象とする樹種の環境に対する応答と立地との関係についてのさらなる研究も重要になっています。

以上のように、日本や北欧諸国において特定の樹種を使った育林方法は、若干の修正は必要ですが、ほぼ確立されています。近い将来、火星で林業を立ち上げるとき、まずはどのような用途で木材を使うのか、それに適した樹種を決定し、その木を育てるための環境を整備する、という手順を踏むことになるでしょう。この過程で、これまでに蓄積された林業に関する知識が大いに参考になるでしょう。地球におい

ては、人工林も含めた森林は、ほぼ人が制御できない環境下で成立しています。自然まかせです。火星では樹木・森林に望ましい環境を人が整備しなければなりません。

引用文献、参考文献

井出雄二・白石 進 2012 森林遺伝育種学 文永堂出版

日本林業技術協会 1971 林業百科事典 丸善

新村 出 広辞苑 第3版 1983 岩波書店

三内丸山遺跡センター <https://sannaimaruyama.pref.aomori.jp/about/iseki/>
(20250820)

佐藤敬二 1981 新造林学 地球社

佐藤大七郎 1983 育林 文永堂出版

丹下 健・小池孝良 2016 造林学 第四版 朝倉書店

堤 利夫 編 1994 造林学 文永堂出版

研究紹介

太陽活動とシンクロする海面高度変動

京都大学 山敷庸亮

—— 11 年周期の太陽サイクルに合わせて、海と陸の間で水が動いていた ——

太陽活動と海洋、陸水の移動との間に直接的な関連があるという仮説は、これまでに複数の研究によって示されてきました。なかでも、銀河宇宙線の変動が地球大気の電離を通じて雲の形成に影響し、結果的に気候や降水パターンを変化させうするという考え方は、Shaviv (2004) や Henrik Svensmark ら (2017, 2021) による研究に代表されます。

- Shaviv, N. J. (2004). On climate response to changes in the cosmic ray flux and radiative budget. arXiv:physics/0409123
- Svensmark, H. et al. (2017). Increased ionization supports growth of aerosols into cloud condensation nuclei. Nature Communications, 8, 2199.
- Svensmark, H. et al. (2021). Atmospheric ionization and cloud radiative forcing. Scientific Reports, 11, 19668.

しかし、こうした仮説に対する海洋学・気象学的なコンセンサスは十分に得られておらず、科学的には依然として論争的となっています。今回、JAMSTEC（海洋研究開発機構）の増田周平上席研究員、京都大学の山敷庸亮教授、英国 Environmental Satellite Applications の J.P. Matthews 博士らと連携し、長期地球観測データと高精度衛星記録を用いた解析により、太陽活動が地球規模の水循環に与える影響を定量的に明らかにしました。

本研究の成果は、これまで定性的にしか把握されてこなかった「太陽活動と海面高度の 11 年周期的変動」のメカニズムを実証的に明らかにした点にあります。特に注目されるのは以下の三点です：

- 全球平均海面高度には、太陽黒点活動の 11 年周期に一致する明確な変動成分が存在すること
- その主因が、陸域から海洋への淡水の移動（つまり地表水循環）にあること
- 太陽活動が対流圏上層の循環変動（QBO や MJO）を通じて ENSO 現象に影響し、その結果として降水パターンや陸水量が変動し、最終的に海面高度が変化するという一連のプロセスが存在すること

この一連のメカニズムは、衛星高度計データ、GRACE による地球重力場・貯水量データ、過去 100 年超の気象記録を重ね合わせることで、統計的にも高い相関性が実証されました。図 1～6 は、それぞれこのメカニズムを補完的に可視化したものであり、単なる仮説から観測的な裏付けへと進んだ点を強調しています。

さらに本研究では、QBO（準 2 年周期振動）と太陽活動の位相が ENSO の成長率にどのような相互作用をもたらしているかについても検証されています（図 5）。特に QBO が東風フェーズのとき、太陽活動の強弱によって ENSO のラニーニャ的発達傾向が統計的に異なることが示され、太陽→成層圏→対流圏→降水→地表水→海面、という連鎖的な影響経路が浮かび上がりました。

このように、これまで断片的に扱われてきた ENSO・QBO・MJO・GCR（銀河宇宙線）などの複合現象が、太陽活動という外的要因を通じて統一的に理解できる可能性が示されたことは、気候システム理解にとって画期的な前進です。

この成果は、海面高度の変動要因に新たな次元を加えたのみならず、今後の気候予測、水資源政策、災害リスク評価にも大きな示唆を与えるものです。研究論文は 2025 年 5 月、「Scientific Reports」誌に掲載されました。

<https://www.nature.com/articles/s41598-025-99880-2>

<https://www.kyoto-u.ac.jp/ja/research-news/2025-05-19> 京都大学でのニュース解説

- 論文タイトル：Origin of the Solar-Cycle Imprint on Global Sea Level Change
- 著者：増田周平（JAMSTEC）、John P. Matthews（Environmental Satellite Applications, UK）、山敷庸亮（京都大学）
- DOI：10.1038/s41598-025-99880-2

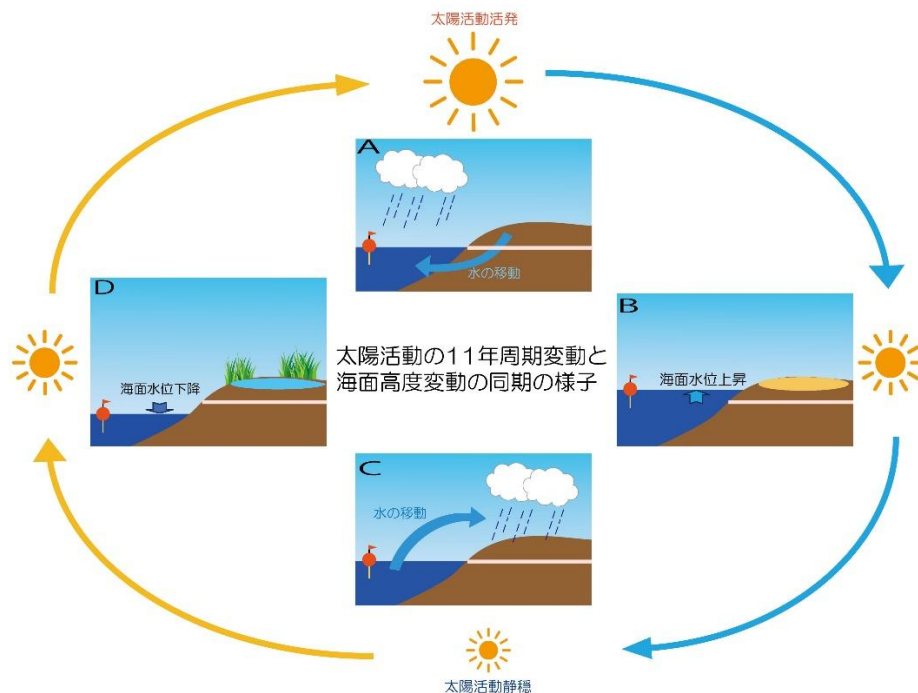


図1 全球平均した陸域の貯水量と平均海面水位との関係の模式図。11年周期の太陽活動変動にともない、活動が活発な時には陸域の降水量が少なく（海洋から陸域への水蒸気輸送が相対的に少なく）、陸域の貯水量が減少し、全球平均海面水位が上昇する（A、B）。太陽活動が減退している時期は逆の挙動を示す（C、D）。

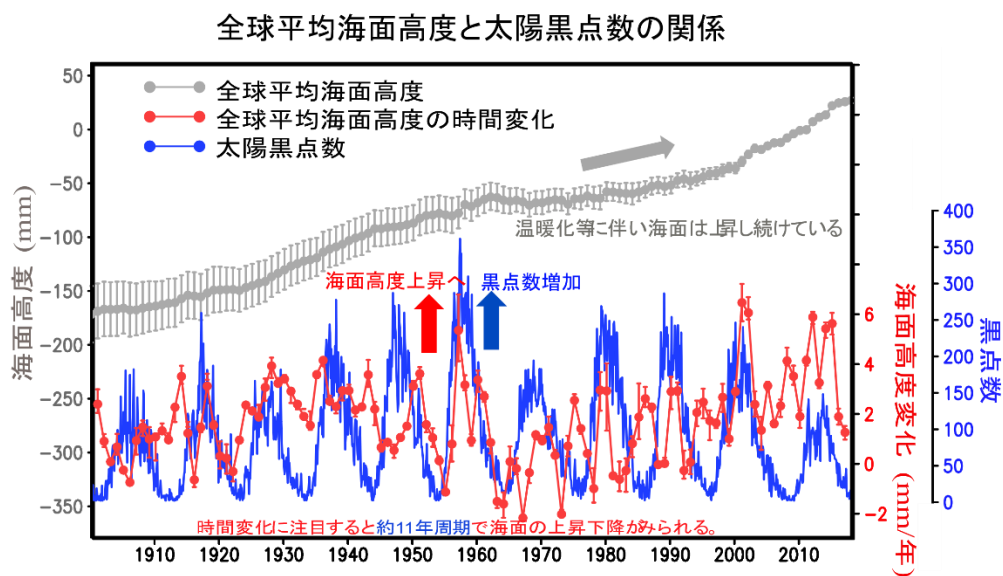


図2. Frederikse らが提供した、1900 年以降の全球平均海面高度（灰色の曲線）。エラーバーは 90%信頼区間を示す。同じデータから得られた海面変動率を赤で示す。太陽の黒点数は青で示されている。全球平均海面高度はこの 100 年ほぼ単調に増加を続けているが、その中に含まれる 10 年スケールの時間変化（赤）は太陽活動の 11 年周期変動と同期を見せる。

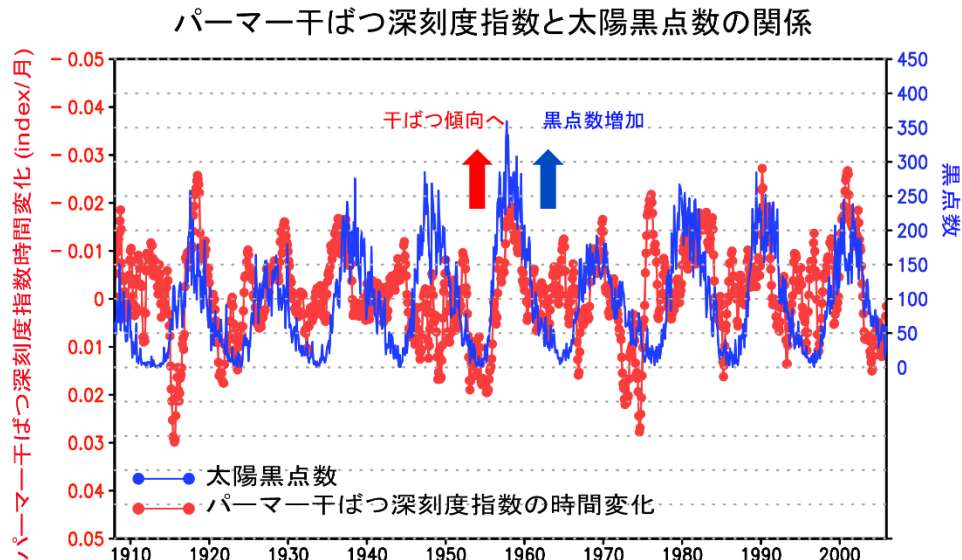


図3. PDSI の時間変化の太陽活動への依存性。全球平均パーマー干ばつ深刻度指数の変化率の3年移動平均（赤線）と太陽黒点数（青線）の比較（1908～2005年）。いくつかの例外的なピークはあるものの統計的に有意な相関が認められる。太陽活動が活発な時期には全球的に陸域が乾燥傾向にある。

衛星観測から検知された全球平均海面高度の時間変化（高度計、陸域水分貯蔵量）と太陽活動との関係

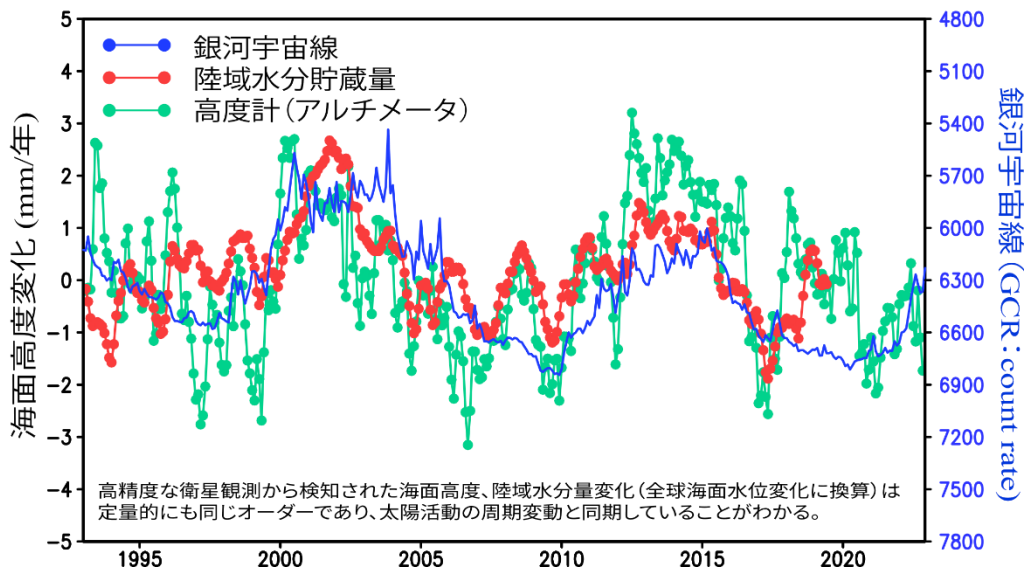


図4. 高度計による全球平均海面高度の時間変化率と、太陽活動、陸域水分貯蔵量との関係。季節変動を除去した高度計データから得られた、線形トレンドを除去した全球平均海面高度変化率（緑色の曲線）と陸域の貯水量の変化率（赤）を示す。どちらも3年間の移動平均値プロットしている。太陽活動の指標として、フィンランド・オウルでの銀河宇宙線のデータを青で示す。緑と赤・青のデータの相関は99.9%以上のレベルで有意であり、緑と赤の線はどちらも全球海面高度への寄与率として同じ単位を持っている。11年周期変動に関しては陸水の変化が海面高度の変化を支配的に決めていることがわかる。

NINO34の時間変化(負の場合のみ)のQBOフェーズと太陽活動への依存性

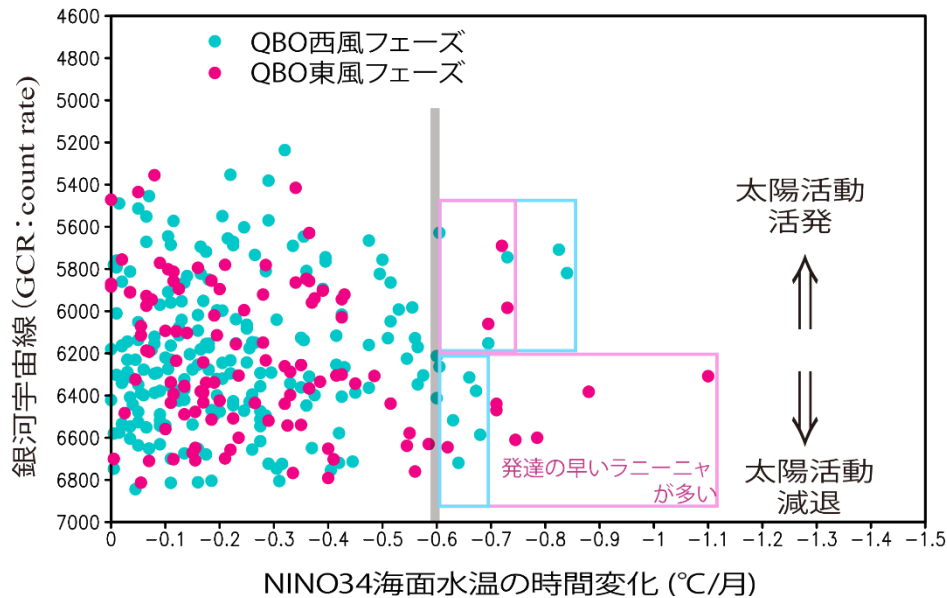


図 5. ENSO 現象の発達速度と太陽活動との関係の QBO 位相依存性。1965～2020 年の NINO34 海面水温 (ENSO 現象の指標) の変化率 (ただし負のケースだけ) と太陽活動度の散布図。水色の点は QBO 西風フェーズ、赤色の点は QBO 東風フェーズを表す。赤の点のみが太陽活動に大きく依存することがわかる。

【用語解説】

※3 マッデンジュリアン振動 (MJO) : MJO は、主にインド洋で発生する水平規模が数千 km にも及ぶ巨大な積乱雲群が赤道に沿って東進する、周期が 30～60 日の大気変動。

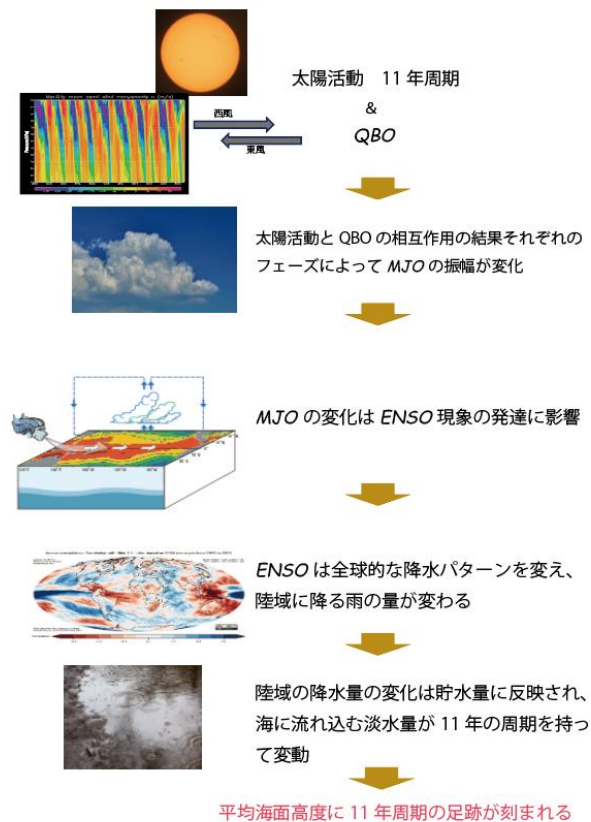


図 6. 明らかになった太陽活動と全球海面水位変動とのリンクの概念図。

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、山本陽大

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

SIC 有人宇宙学研究センター NewsLetter No.45

2025 年 9 月 1 日発行